BULLETIN DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
3e série, no 502, novembre-décembre 1977, Botanique 33

Taxonomie du genre *Pterolobium* (Caesalpiniaceae) avec traitement numérique des caractères macromorphologiques et palynologiques

par S. Hul Thol et Michel Hideux *

Résumé. — Une étude détaillée par la taxonomie classique de onze espèces du genre *Pterolobium* a révélé à partir des caractères macromorphologiques : deux groupes d'après la présence d'inflorescences denses ou lâches (Vidal et Hul Thol, 1974) ; à partir des caractères palynologiques : deux groupes (relativement différents des premiers) d'après la structure du tectum de la zone interaperturale des grains de pollen (réseau dense ou lâche). Une application des méthodes statistiques à l'étude des populations polliniques issues de divers échantillons (différentes parts d'herbiers) d'une espèce (*P. macropterum*, *P. stellatum*, pris en exemple) a permis de tester leur valeur représentative. Ce test quantitatif a été complété par une étude qualitative des mêmes populations au MEB.

Une utilisation sans ordinateur de méthodes numériques de la taxonomie a permis : une qualification diagnostique des caractères précédemment utilisés pour la différenciation des groupes ; une étude synthétique des caractères macromorphologiques et palynologiques, qui a abouti à la mise en évidence de trois groupes d'unités taxonomiques opérationnelles (UTO) à l'intérieur du genre *Pterolobium* et de corrélations entre les deux types de caractères utilisés.

Abstract. — A detailed study by means of a classical taxonomy of 11 species of the genus *Pterolobium* has revealed : two groups based on the presence of dense or loose inflorescence (gross morphological characters) ; two groups (relatively different from the former ones) based on the structure of the tectum in the interapertural area of pollen grains (palynological characters). An application of the statistical methods to the study of the pollen populations from various herbarium samples of a species has allowed to test their representative value. This quantitative test has been completed by the qualitative study of the same populations by S.E.M.

Numerical taxonomic methods have been used without computer processing for : 1) a diagnostical of the groupings ; 2) a synthetical study of gross morphological and palynological characters has leaded to reveal three new groupings of operation taxonomical units (OTU's) inside the genus *Pterolobium* and correlations between the types of characters.

Introduction

Le genre *Pterolobium*, Césalpiniacée asiatique et africaine, a déjà fait l'objet d'une révision systématique récente (Vidal et Hul Thol, 1974). Son étude palynologique détaillée a été entreprise dans le cadre d'une thèse de 3e cycle (Hul Thol, 1976). Une méthode rela-

* S. Hul Thol : *Laboratoire de Phanérogamie, 16 rue de Buffon, 75005 Paris, et Laboratoire de Palynologie de l'ÉPHÉ, Muséum national d'Histoire naturelle, 61 rue de Buffon, 75005 Paris.*

M. Hideux : *Laboratoire de Palynologie de l'ÉPHÉ, Muséum national d'Histoire naturelle 61, rue de Buffon, 75005 Paris.*

tivement simple de la taxonomie numérique, qui a l'avantage de ne pas utiliser obligatoirement l'ordinateur, est présentée. Les données macromorphologiques et palynologiques sont d'une part traitées séparément, d'autre part globalement. Les groupements d'affinités taxonomiques, mis en évidence par chacun des traitements, sont confrontés à ceux obtenus par la méthode classique. En outre, pour les caractères palynologiques, une étude statistique approfondie appliquée à deux espèces est proposée comme modèle d'étude pour tester la valeur représentative d'une population pollinique au niveau de l'espèce.

I. Taxonomie de type classique avec utilisation des caractères macromorphologiques et palynologiques

1. Caractères macromorphologiques

Dans la révision systématique récente du genre *Pterolobium* se rapportant à 11 espèces, dont une espèce nouvelle (décrite par Vidal et Hul Thol, 1976), les caractères macromorphologiques de l'appareil végétatif (aiguillons, pennes, folioles, ...) et surtout de l'appareil reproducteur (types d'inflorescences, sépales, pétales, étamines, pistil, fruit) sont considérés. Ces caractères ont permis l'élaboration d'une clé synoptique, où les espèces sont groupées suivant chacun d'entre eux (affinités partielles), et des clés analytiques qui mettent en évidence les affinités globales.

La clé analytique générale, établie à partir des caractères macromorphologiques, a déjà été publiée (Vidal et Hul Thol, 1974) ; cependant, l'espèce *P. sinense* n'avait pas pu être identifiée avec certitude, faute d'éléments floraux. Grâce à de nouveaux échantillons reçus récemment la description de l'espèce a pu être effectuée. Elle se place dans le groupe 1′ (cf. clé analytique générale [1]), à fleurs espacées et à pétales inégaux, de la façon suivante :

1. Fleurs densément groupées

....

1′. Fleurs espacées

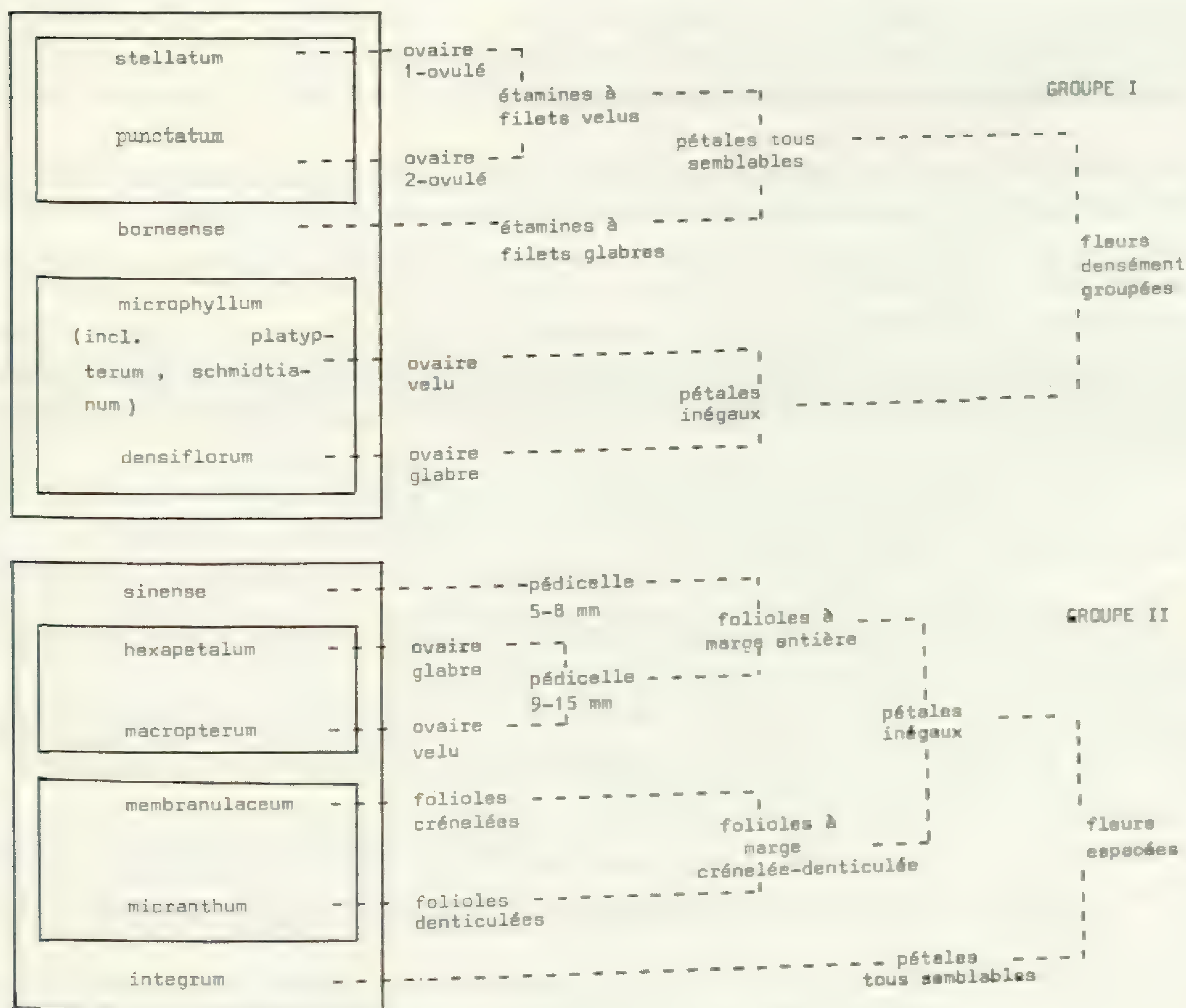
6. Pétales inégaux, velus à la base interne ; étamines à filets velus ; ovaire glabre ou pubescent ; fruit à partie fertile glabre, aile à bord latéral naissant vers la 1/2 ou le 1/3 inférieur de la partie fertile, concave ou non vers la base latérale
7. Folioles à marge entière
8. Pédicelle 5-8 mm ; aile du fruit non concave vers la base latérale ; ovaire glabre ; fruit non stipité ; aile 40-50 × 10-20 mm.................................. 6. *P. sinense*
8′. Pédicelle 9-15 mm ; aile du fruit concave vers la base latérale
9. Ovaire glabre ou pubescent seulement sur le bord placentaire ; fruit non stipité, aile 20-25 × 10-15 mm.................................... 7. *P. hexapetalum*
9′. Ovaire entièrement pubescent ; fruit stipité (2-3 mm), aile 35-40 × 10-20 mm........ 8. *P. macropterum*
7′. Folioles à marge crénelée ou denticulée ; pédicelle 3-4 mm ; aile du fruit non ou peu concave vers la base latérale
10. Folioles crénelées ; fruit stipité, aile un peu concave vers la base latérale........... 9. *P. membranulaceum*
10′. Folioles denticulées ; fruit non ou très courtement stipité, aile non concave vers la base latérale. .... 10. *P. micranthum*

1. Révision du genre *Pterolobium*, J. E. Vidal et S. Hul Thol, *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, 3e sér., nº 227, Bot. 15, 1974 : 10.

6'. Pétales tous semblables, glabres ; étamines à filets glabres ; ovaire velu : fruit à partie fertile pubescente, aile à bord latéral naissant vers le 1/3 supérieur de la partie fertile, concave vers la base, ayant 20-30 × 8-10 mm. . . . . 11. *P. integrum*

La classification du genre *Pterolobium*, d'après les caractères macromorphologiques, est donc rappelée dans le tableau I.

Tableau I. — Classification des espèces du genre *Pterolobium* (affinités macromorphologiques).



2. Caractères palynologiques

Matériel et techniques

Les grains de pollen étudiés (cf. liste des échantillons) sont extraits des spécimens d'herbiers qui nous ont servi à l'étude de la morphologie de la plante adulte. Ces échantillons proviennent de l'Herbier du Muséum national d'Histoire naturelle (Laboratoire de Phané-

rogamie) ou de divers Herbiers étrangers (A, BKF, BM, E, K, L, NY) [1]. L'acétolyse des grains de pollen selon la méthode d'Erdtman modifiée (Hideux, 1972) est réalisée pour les observations en microscopie photonique (M. Ph.). En microscopie électronique à balayage (MEB), les pollens acétolysés sont, soit cassés par les ultrasons (Cerceau et coll., 1970), soit inclus dans la gomme arabique glycérinée et coupés au microtome (Hideux, 1972 ; Hideux et Marceau, 1972).

Les mesures sont toujours faites sur les grains acétolysés et sur des préparations comparables. En effet, les grains de pollen augmentent sensiblement de taille avec le temps (Reitsma, 1969). En conséquence, certaines préparations ont été refaites, en tenant compte de ces divers paramètres.

Description des pollens de *Pterolobium*

Le pollen du genre *Pterolobium* a déjà été étudié par plusieurs auteurs qui ont noté ses affinités avec les autres genres de Caesalpiniaceae — Eucaesalpinieae.

Erdtman, dès 1952, a noté la structure complexe du système apertural, dans son paragraphe sur les Légumineuses.

Dans leur publication sur les Légumineuses de l'Inde, Vishnu-Mittre et Sharma, 1962, traitent de la morphologie pollinique des genres *Pterolobium*, *Caesalpinia*, *Mezoneuron*, *Peltophorum* et *Wagatea*. Ils regroupent les genres d'après les caractères des apertures et la structure de l'exine.

Tsukada, en 1963, a étudié la morphologie du pollen de 46 espèces (22 genres) appartenant aux Caesalpiniaceae-Eucaesalpinieae, surtout américaines. Il distingue trois types majeurs d'après le système apertural, types qu'il subdivise en utilisant les caractères de l'exine.

Une espèce africaine de *Pterolobium* (*P. stellatum*) a été citée par Smith, en 1964, dans sa description du pollen des Caesalpiniaceae africaines.

Dans le cadre d'un ouvrage sur les pollens et les pores d'Afrique tropicale, une description détaillée, à l'aide des observations photoniques et électroniques à balayage a été donnée concernant *Pterolobium stellatum* (Hul Thol, 1974).

En outre, une première interprétation schématique du système apertural et de l'exine a été tentée pour expliquer les types polliniques de quelques Caesalpiniaceae asiatiques (Hul Thol, 1975*a* et *b*), au cours d'un colloque de l'Association des Palynologues de Langue Française (APLF).

Par la suite, les observations faites en microscopie photonique et surtout en microscopie électronique à balayage ont permis de décrire avec précision la structure du système apertural et celle de l'exine du genre *Pterolobium* [2].

1. Les abréviations des Herbiers mentionnés sont celles de l'Index Herbariorum (Regnum Vegetabile, vol. 31, Utrecht).

2. L'étude palynologique de l'espèce *P. punctatum* Hemsl. concerne également *P. rosthornii* Harms (= *punctatum* 2) et les formes intermédiaires (= *punctatum* 3) entre *P. rosthornii* et *P. punctatum* typique (= *punctatum* 1) (Vidal et Hul Thol, 1974). Il en est de même pour l'espèce *P. microphyllum* Miq. : l'observation des pollens est également faite pour *P. schmidtianum* Harms et *P. platypterum* Gagnep.

a. — Caractères généraux

Observations en microscopie photonique

Pollen isopolaire ; symétrie d'ordre 3 ; elliptique subcirculaire-arrondi en coupe optique équatoriale (angle apertural plan ou légèrement obtus, zone interaperturale convexe). Valeur moyenne de P[2] (longueur de l'axe polaire) variable entre 27 µm et 37 µm. Valeur moyenne de E[2] (dimension du diamètre équatorial) variable entre 34 µm et 41 µm. Rapport P/E variable entre 0,82 et 0,97.

Apertures : pollen tricolporé. Ectoaperture (ECA) = sillon méridien court et étroit, légèrement saillant par rapport à la zone marginale (zone marginale = « margocolporus », selon TSUKADA, 1963) Cette zone est méridienne, large et fusiforme. Endoaperture (ENA) = pore plus ou moins visible en coupe optique, subcirculaire ou elliptique dans le sens méridien.

Exine : épaisseur constante, sauf quelques épaississements au pôle ou dans la zone périendoaperturale. Exine équatoriale (exine E) variable entre 4 µm et 8 µm.

Observations en microscopie électronique à balayage (pl. II-V)

Trois zones ont pu être définies :

— La zone interaperturale : avec la surface externe de l'ectexine présentant un tectum partiel disposé en réseau très dense à très lâche ; lumières des mailles à angles aigus ou ± arrondis, à travers lesquelles des éléments ectexinaux sont ± visibles. Columelles cylindriques. Endexine ± lisse ou granuleuse, surtout dans la zone périendoaperturale.

— La zone de transition : avec une bande de tectum complet ou ± complet (à petites perforations), délimitant la zone interaperturale et la zone aperturale.

— La zone aperturale : constituée par la marge et les apertures.

La marge : à structure columellaire très dense à têtes juxtaposées = têtes de columelles non fusionnées, ou ± fusionnées en rugules = surface tectale rugulée (CERCEAU, 1971 ; HIDEUX et FERGUSON, 1976).

Les apertures : ectoaperture (sillon méridien court) = amincissement de l'ectexine ; endoaperture (pore subcirculaire-ovale ou elliptique, légèrement allongé dans le sens méridien) = interruption complète de l'endexine.

b. — Caractères de détermination employés dans l'étude palynologique

Les caractères polliniques décrits précédemment ont permis de faire ressortir certaines affinités particulières entre les espèces. Après une approche préliminaire et plusieurs essais de classifications, les caractères suivants ont été choisis.

Tout d'abord, la structure de l'ectexine des grains de pollen est considérée : surface ectexinale de la zone interaperturale (zone équatoriale), de la zone de transition et de la zone aperturale (zone marginale). Le choix de ces caractères semble fondamental pour la classification des types polliniques car les observations au MEB permettent une connaissance parfaite des différentes zones de l'ectexine.

1. Valeur moyenne de 60 mesures.

Ensuite, les dimensions de P et de E (en rapport P/E) et la forme du grain de pollen sont notées, en insistant sur les différents types de pollen bréviaxes :

P/E $>$ 0,90 (pollen très légèrement bréviaxe)
P/E de 0,80 à 0,90 (pollen légèrement bréviaxe)
P/E $<$ 0,80 (pollen très bréviaxe)

La longueur de l'ectoaperture et le diamètre de l'endoaperture permettent de nouvelles différenciations.

Enfin, le rapport t/t-1, épaisseur de la couche tectale par rapport à celle de la couche columellaire (dans la zone interaperturale équatoriale), est considéré (pl. II, 7 et 14 ; pl. III, 7 ; pl. IV, 14) :

t/t-1 $>$ 1 (tectum épais)
t/t-1 # 1 (tectum $\pm$ épais)
t/t-1 $<$ 1 (tectum mince)

c. — Importance du caractère ectexinal de la zone interaperturale

Le caractère ectexinal, observé au MEB, a permis la mise en évidence de 2 groupes principaux du genre *Pterolobium* (tabl. II).

Tableau II. — Surface ectexinale de la zone interaperturale (zone équatoriale) des pollens de *Pterolobium*.

UTO	Tectum partiel à réseau	Groupe I		Groupe II			
		très dense à tendance perforée	$\pm$ dense	+ aéré *	$\pm$ lâche *, lumières $\pm$ linéaires	lâche *, lumières $\pm$ arrondies	très lâche e.e. bien visibles
stellatum		+					
punctatum 3			+				
integrum			+				
punctatum 1				+			
punctatum 2				+			
sinense				+			
borneense					+		
microphyllum						+	
platypterum						+	
schmidtianum						+	
micranthum						+	
hexapetalum						+	
densiflorum							+
macropterum							+
membranulaceum							+

Le signe + indique la présence dans l'espèce ; e.e. = éléments ectexinaux ; * = à éléments ectexinaux $\pm$ visibles.

Le groupe I réunit les espèces à pollen présentant un tectum partiel disposé en réseau très dense à ± dense : *P. stellatum* (réseau très dense à tendance perforée), *P. punctatum* 3 et *P. integrum* (réseau ± dense) [1].

Le groupe II réunit les espèces à pollen présentant un tectum partiel disposé en réseau lâche : *P. punctatum* 1, *punctatum* 2 et *P. sinense* (réseau plus aéré, éléments ectexinaux ± visibles) ; *P. borneense* (réseau ± lâche, lumières des mailles ± linéaires) ; *P. microphyllum*, *platypterum*, *schmidtianum*, *hexapetalum* et *P. micranthum* (réseau ± lâche, lumières des mailles plus arrondies, éléments ectexinaux ± visibles) ; *P. densiflorum*, *macropterum* et *P. membranulaceum* (réseau très lâche, éléments ectexinaux bien visibles).

Tableau III. — Références photographiques aux UTO étudiées.

Caractères / UTO	PO1 à P12 M.Ph.	P13 à P20 MEB
	Planche I	Planches II-V
1. bor	12,13	III, 3,4
2. den		IV, 9,10
3. hex	18-21	IV, 1-3
4. int	3-5	II, 4-7
5. mac	22-23	IV, 7,8 et V, 1-20 *
6. mem	24,25	IV, 11-14
7. mic		IV, 4-6
8. micro	14,15	III, 5-7
9. pla	16	III, 8-10, 13
10. pun1	8,9	II, 11, 12, 14
11. pun2	10,11	II, 13
12. pun3	6,7	II, 8-10
13. sch	17	III, 11, 12
14. sin		III, 1,2
15. ste	1,2	II, 1-3

* se rapporte à l'étude statistique qualitative de plusieurs échantillons de localités différentes.

Remarque : Le pollen de *P. punctatum* (formes 1 et 2) semble avoir la structure ectexinale « intermédiaire » entre le groupe I et le groupe II : bien qu'il appartienne au groupe II (tectum partiel en réseau lâche), il se rapproche beaucoup plus de *P. integrum* que de *P. membranulaceum*. En effet, sa structure en réseau « plus aéré » semble marquer une transition progressive de la structure en réseau « dense » à celle en réseau « lâche ».

d. — Clé des pollens du genre *Pterolobium*

1. Réseau très dense à ± dense du tectum partiel dans la zone interaperturale
   2. Réseau très dense à tendance perforée du tectum partiel dans la zone interaperturale ; tectum complet dans la zone de transition ; surface tectale constituée de têtes globuleuses juxtaposées

1. Cf. liste des références photographiques aux UTO étudiées, tabl. III.

dans la zone marginale. P/E > 0,90 ; P = 32,5 µm, E = 35 µm........................
1. *P. stellatum* (Afrique, Arabie ; 800-2 500 m d'alt.)

2′. Réseau ± dense du tectum partiel dans la zone interaperturale ; tectum ± complet dans la zone de transition. P/E de 0,80 à 0,90.

3. Surface tectale rugulée dans la zone marginale ; P = 27,5 µm, E = 32 µm............
2. *P. integrum* (Laos, Thaïlande, Cambodge, Sud Viêt-Nam ; à basse altitude, 0-250 m.)

3′. Surface tectale constituée de têtes globuleuses juxtaposées dans la zone marginale ; P = 29 µm, E = 34 µm.... 3c. *P. punctatum* (formes intermédiaires) (Chine ; 500-2 500 m d'alt.)

1′. Réseau plus aéré, ± lâche à très lâche du tectum partiel dans la zone interaperturale ; éléments ectexinaux ± bien visibles dans les lumières du réseau.

4. Réseau plus aéré dans la zone interaperturale

5. Tectum ± complet dans la zone de transition

6. P/E > 0,90 ; P = 33,5 µm, E = 35,5 µm ; t/t-1 > 1..........................
3a. *P. punctatum* (forme typique ou *punctatum* 1) (Chine ; 500-2 500 m d'alt.)

6′. P/E # 0,90 ; P = 32 µm, E = 35 µm ; t/t-1 < 1..............................
3b. *P. punctatum* (*rosthornii* ou *punctatum* 2) (Chine ; 500-2 500 m d'alt.)

5′ Tectum toujours complet dans la zone de transition. P/E # 0,90 ; P = 33 µm, E = 36,5 µm
4. *P. sinense* (Chine à Kwangsi, Yunnan, Hainan ; 600 m d'altitude)

4′. Réseau ± lâche à très lâche dans la zone interaperturale

7. Réseau ± lâche dans la zone interaperturale ; éléments ectexinaux ± visibles dans les lumières du réseau

8. Lumières du réseau réduites, ± linéaires ; surface rugulée dans la zone marginale. P/E > 0,90 ; P = 36 µm, E = 38 µm...... 5. *P. borneense* (Bornéo à basse altitude)

8′. Lumières du réseau non réduites, ± arrondies

9. P/E # 0,90 ; P : 30,5-38,5 µm, E = 35,5-40,5 µm

10. Surface tectale constituée de têtes globuleuses dans la zone marginale
Spécimen localisé dans la péninsule malaise (Sumatra, Java, Bali)..................
6a. *P. microphyllum* forme typique (à basse altitude)

10′. Surface tectale rugulée dans la zone marginale
Spécimen localisé dans la péninsule indochinoise (Laos, Thaïlande, Cambodge, Sud Viêt-Nam)

11. Tectum ± complet dans la zone de transition.......................
6b. *P. microphyllum* (*platypterum*) (0-1 000 m d'altitude)

11′ Tectum toujours complet dans la zone de transition..................
6c. *P. microphyllum* (*schmidtianum*) (0-1 000 m d'altitude)

9′. P/E < 0,90

12. P = 31,5 µm, E = 36 µm
Spécimen localisé en Thaïlande péninsulaire...... 7. *P. micranthum* (à basse altitude)

12′. P = 36 µm, E = 40,5 µm
Spécimen localisé en Inde.................................. 8. *P. hexapetalum*

7′. Réseau très lâche dans la zone interaperturale ; éléments ectexinaux bien visibles dans les lumières du réseau

13. Tectum ± complet dans la zone de transition

14. P/E # 0,90 ; t/t-1 > 1.............................. 9. *P. macropterum*
(espèce couvrant le sud de la Birmanie, les Iles Andaman, la Thaïlande, le Laos, Java ; à basse altitude : 400 m)

14′. P/E < 0,90 ; t/t-1 < 1 .... 10. *P. densiflorum*
(espèce localisée à la péninsule malaise et à Sumatra ; vers 800 m d'altitude)

13′. Tectum toujours complet dans la zone de transition ; P/E = 0,80-0,90 ; t/t-1 > 1....
11. *P. membranulaceum* (espèce endémique des Philippines ; à basse altitude)

Applications des méthodes statistiques a l'étude de la valeur représentative des populations polliniques d'un échantillon au niveau de l'espèce

a. — Cas de *Pterolobium macropterum*

Des prélèvements des grains de pollen ont été réalisés sur douze parts d'herbier de *P. macropterum*, provenant de localités différentes (cf. liste des échantillons étudiés). Ces douze échantillons de l'espèce *P. macropterum* ne présentent pas de variations macromorphologiques, ni de variations altitudinales marquées (plante de basse altitude : 0-200 m) ; mais ils ont une aire de répartition géographique assez vaste : de la Thaïlande, Laos, Viêt-Nam, Cambodge, jusqu'à l'Indonésie.

α. *Étude quantitative* (en microscopie photonique)

Les calculs statistiques effectués sur les grains de pollen acétolysés et montés entre lame et lamelle sont réalisés successivement sur deux lots différents :

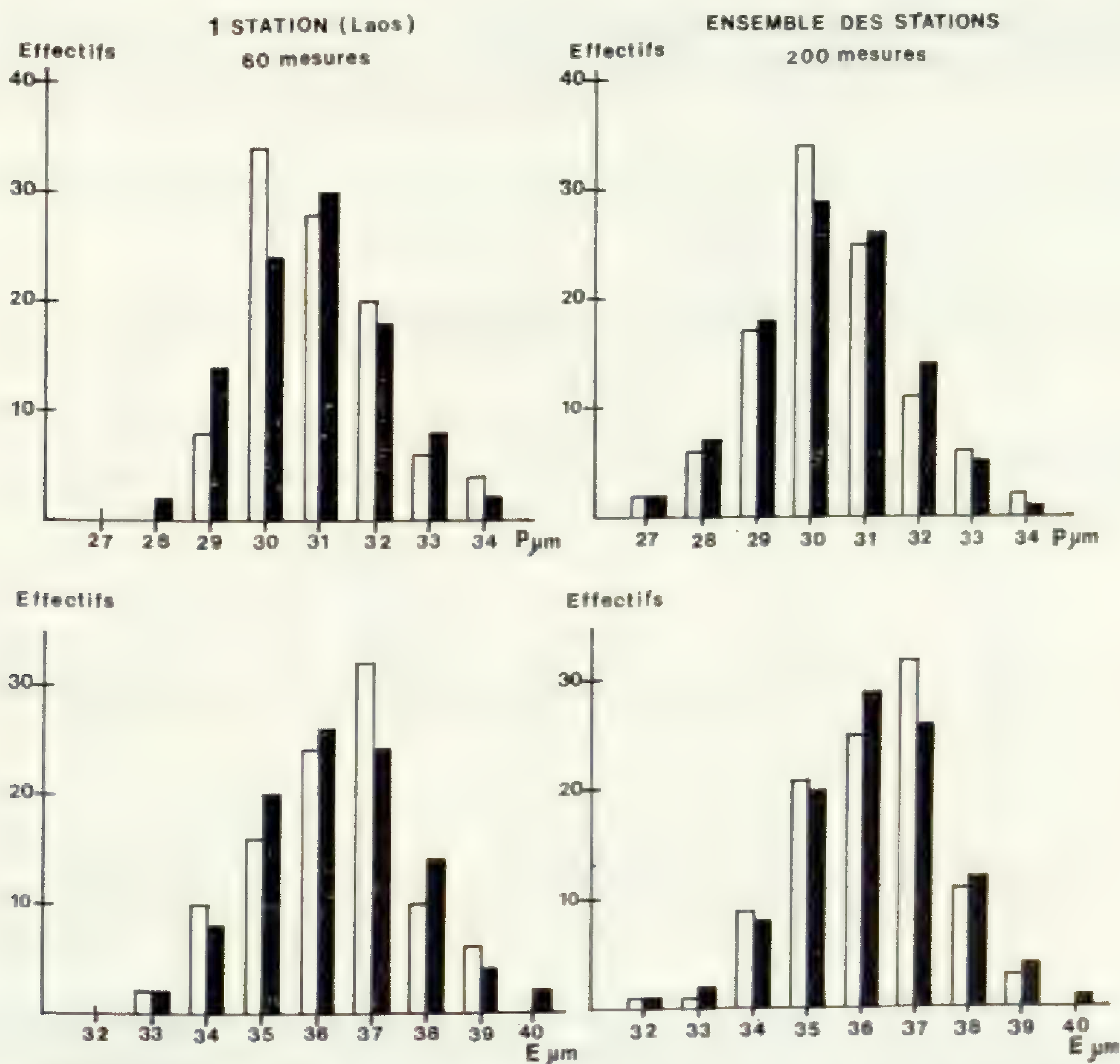


Fig. 1. — Ajustement à la loi normale de Laplace-Gauss de la distribution des effectifs de P et de E (P = longueur de l'axe polaire, E = diamètre équatorial, en µm) pour l'espèce *P. macropterum*. Effectifs calculés (C) représentés en noir. Effectifs observés (O) représentés en blanc.

Tableau IV a. — Étude statistique sur les dimensions P et E des grains de pollen de l'échantillon du Laos.

P classes x_i (µm)	P effectifs n_i	E classes x_i (µm)	E effectifs n_i	Paramètres statistiques	P (µm)	E (µm)
29	4	33	1	moyenne (m)	30,74	36,28
30	17	34	5			
31	14	35	8	variance(υ)	1,83	1,96
32	10	36	12			
33	3	37	16	écart-type (σ)	1,35	1,40
34	2	38	55			
		39	3	moyenne dans l'intervalle de confiance à 5 %	30,74 ± 0,37	36,28 ± 0,39

Tableau IV b. — Test χ^2 d'homogénéité relatif aux dimensions P et E des grains de pollen de l'échantillon du Laos.

	x_i (µm)	O effectifs observés	C effectifs calculés	$\frac{O-C}{C}$ écart-quadratique	éléments du χ^2
P	28	0	2	2	$\upsilon = 4$
	29	4	7	1,28	$\chi_o^2 = 6,78$
	30	17	12	2,08	$\chi_t^2 = 9,49$
	31	14	15	0,06	
	32	10	9	0,11	Population
	33	3	4	0,25	homogène
	34	2	1	1	
E	33	1	1	0	$\upsilon = 5$
	34	5	4	0,25	$\chi_o^2 = 7,12$
	35	8	10	0,40	$\chi_t^2 = 11,02$
	36	12	13	0,07	
	37	16	12	0,33	Population
	38	5	7	0,57	homogène
	39	3	2	0,50	
	40	0	1	1	

— un premier lot constitué par des étamines provenant de chacune des 12 stations prises individuellement (montage individuel des étamines de chacune des 12 parts d'herbiers). L'exemple étudié est celui du Laos. 50 mesures de P et de E des grains de pollen ont été faites.

— un second lot constitué par un mélange d'échantillons provenant des 12 stations différentes (montage du mélange des étamines de 12 parts d'herbier différentes). 200 mesures de P et de E ont été faites.

L'étude statistique sur les dimensions P et E des grains de pollen de l'échantillon du Laos et le test χ^2 d'homogénéité relatif à ces valeurs P et E sont exposés brièvement[1] dans les tableaux IV a et b, et réalisés graphiquement (fig. 3).

Ainsi par le test χ^2, nous avons pu mettre en évidence l'homogénéité de la population des grains de pollen (pour les valeurs de P et de E), prélevés de l'échantillon du Laos, pris en exemple.

Il en est de même pour le second lot (mélange des 12 échantillons) : le test d'homogénéité se révèle également positif. L'espèce *P. macropterum* est donc homogène pour les valeurs de P et de E.

Signification de cette homogénéité

Des calculs ont été effectués pour la comparaison des moyennes (pour P et E) de l'échantillon isolé (valeur représentative d'une station isolée au niveau de l'espèce). Deux tests ont été faits : le test de comparaison de la variation des intervalles de confiance et le test t (LAMOTTE, 1971). Les résultats obtenus sont exposés brièvement ici :

— Intervalles de confiance

	1 échantillon	12 échantillons
P	30,74 ± 0,37 µm	30,35 ± 0,18 µm
E	36,29 ± 0,39 µm	36,19 ± 0,18 µm

— Comparaison des intervalles de confiance

Nous voyons qu'il y a chevauchement (faible pour P, fort pour E) : entre 30,74 ± 0,37 µm et 30,35 ± 0,18 µm pour P (le test de comparaison doit être effectué) ; entre 36,29 ± 0,39 µm et 36,19 ± 0,18 µm pour E (la différence n'est pas significative, les échantillons proviennent d'une même population homogène pour P).

— Comparaison des moyennes (test t)

La différence observée $m_1 - m_2$ des moyennes est comparée à l'erreur Standard S_d ($S_d = Sm_1 + Sm_2$).

Si $t = \frac{m_1 - m_2}{S_d} > 2$, la différence des 2 moyennes est significative (sécurité 95 %).

Si $t < 2$, la différence des moyennes n'est pas significative.
Or nous avons ici : pour P, $t = 1,95$, donc < 2 ; pour E, $t = 1,90$, donc < 2.
Les tests se révèlent donc positifs : pas de variations significatives.

Ces différents travaux ont mis en évidence l'homogénéité de la valeur des mesures de P et de E. Nous pouvons conclure qu'un échantillon de *P. macropterum*, pris au hasard (prélèvement des grains de pollen d'une part d'herbier), est caractéristique de l'espèce

1. Pour détail, cf. VAN DER PLUYM et HIDEUX, 1977 *a* et 1977 *b*.

P. macropterum, pour les valeurs de P et de E, puisque, à l'intérieur de l'espèce *macropterum*, ces valeurs ne varient pas significativement.

β. *Étude qualitative* (en MEB)

Les grains de pollen des 12 échantillons de *P. macropterum*, acétolysés, ont été ensuite montés pour les observations au MEB dont les micrographies (pl. V) montrent que le type pollinique est constant : pollen tricolporé, à tectum partiel disposé en réseau très lâche (zone interaperturale), à éléments ectexinaux visibles ; la zone marginale a une surface ectexinale rugulée ; la zone de transition est une bande de tectum plus ou moins complet ; l'ectoaperture est un sillon méridien court.

Ainsi, les caractères ectexinaux des grains de pollen se révèlent, dans l'ensemble, homogènes : pas de différences significatives. Une fois de plus, l'homogénéité des caractères qualitatifs de *P. macropterum* a été mise en évidence. D'où la valeur significative (c'est-à-dire hautement probable) de l'extrapolation des résultats relatifs à une population de grains de pollen d'une part d'herbier à l'espèce, dans le cas de *P. macropterum*.

b. — Cas de *Pterolobium stellatum*

Des travaux semblables ont pu être faits pour le *P. stellatum*. Ici, nous avons pu disposer de 16 échantillons (16 parts d'herbier), provenant de localités différentes (cf. liste des échantillons étudiés). Ces 16 échantillons ne présentent pas de variations macromorphologiques bien marquées ; mais ils ont des variations altitudinales importantes (plantes réparties de 100 à 2 500 m d'altitude). L'aire de répartition géographique de ces 16 échantillons de *P. stellatum* s'étale depuis le Yémen, l'Afrique centrale et équatoriale, jusqu'en Afrique du Sud.

Les étamines ont été prélevées isolément sur chacune des 16 parts d'herbier. Comme le cas de *P. macropterum* précédent, les calculs statistiques effectués sur les grains de pollen acétolysés et montés sur lames sont réalisés sur 2 lots : un premier lot d'étamines de chacune des 16 stations (montage individuel de chacune des 16 parts d'herbier), et un second lot constitué par le mélange des étamines des 16 stations (montage du mélange). 50 mesures de P et de E ont été faites pour le cas du seul échantillon (celui du Yémen, pris en exemple), et 200 mesures, pour le cas du mélange des 16 stations.

Les résultats ont été interprétés par les mêmes méthodes statistiques que précédemment. Le test d'homogénéité se révèle, dans les deux cas, positif. Donc, la variation altitudinale n'est pas répercutée sur la valeur de P et de E.

II. Apport des méthodes numériques de la taxonomie

1. **Description méthodologique**

La taxonomie numérique se propose de regrouper selon leurs affinités respectives les entités taxonomiques, définies par Sokal et Sneath (Davis et Heywood, 1973) comme unités taxonimiques opérationnelles (UTO). Le regroupement est basé sur une estimation mathématique de leur ressemblance à partir d'une matrice de type $n \times t$ (n caractères

t UTO), matrice des données et d'un coefficient de similitude [1] ou d'une distance taxonomique (Raynal, 1974). La similitude est calculée pour chaque comparaison effectuée entre les UTO prises 2 à 2. Les résultats sont reportés dans une matrice $t \times t$, matrice de similitude (tabl. VI, VIII, IX). Il s'agit ensuite de visualiser les regroupements obtenus soit par une **matrice de triangles d'ombrage différentiel [2] soit par un dendrogramme ou phénogramme de hiérarchie taxonomique [3].**

Dans notre étude, les 15 UTO sont les différentes espèces (cf. note 2, p. 132) du genre *Pterolobium* citées dans l'ordre alphabétique : *P. borneense, densiflorum, hexapetalum, integrum, macropterum, membranulaceum, micranthum, microphyllum, platypterum, punctatum* 1, *punctatum* 2, *punctatum* 3, *schmidtianum, sinense* et *stellatum*.

2. Caractères macromorphologiques

Les caractères considérés sont :

— quantitatifs : rapport longueur / largeur (L/l) des folioles ; longueur des pédicelles floraux ;

— qualitatifs : fleurs densément groupées ou espacées, pétales tous semblables ou inégaux, étamines à filet glabre ou velu, ovaire glabre ou velu, 1-ovulé ou 2-ovulé, fruit à aile concave ou non à la base latérale, nettement ou non stipité, folioles à marge entière ou crénelée-denticulée, pédicelle glabre ou pubescent, sépales glabres ou pubescents. Ces caractères sont respectivement codés 2 et 1 selon leur présence ou leur absence pour une UTO donnée.

Normalement une UTO présente un caractère, par exemple « fleurs densément groupées » codé 2, et ne présente évidemment pas le caractère « fleurs espacées » codé 1. Cependant, deux caractères opposés peuvent parfois être présents dans une même UTO (ovaire soit glabre, soit pubescent, codés simultanément présents soit 2, tabl. V) ou dans un état intermédiaire (cas des caractères palynologiques quantitatifs) [4].

La matrice des données (UTO disposées en colonnes ; caractères, en rangs, tabl. V) constitue simultanément une présentation rigoureuse, concise, « économique en espace »

1. Le coefficient de similitude choisi est celui de Sokal et Michener (Sneath et Sokal, 1973) = **« coefficient de concordance simple » (simple matching coefficient)**

$S_{SM} = \frac{a}{n}$ (= nombre de concordances positives ou négatives ; n = nombre total de comparaisons effectuées).

Une étude comparative de l'utilisation de divers coefficients de similitude en palynologie est donnée dans Van der Pluym et Hideux, 1977 *a* et Hideux, 1977.

2. Les valeurs trouvées pour la similitude entre chaque paire d'UTO (matrice $t \times t$) sont remplacées par un ombrage de densité différentielle ; l'ordre des UTO est ensuite optimisé par regroupement des ombrages les plus denses dans les zones les plus proches de la diagonale de la demi-matrice considérée par permutation des lignes et colonnes.

3. Seul le critère de liaison simple utilisé pour l'élaboration des dendrogrammes ne nécessite pas l'emploi de l'ordinateur (détail du mode de regroupement dans Van der Pluym et Hideux, 1977 *a* ; Hideux, 1977 *b* ; Sneath et Sokal, 1973).

4. La valeur à coder possède une variation calculée par l'intervalle de confiance qui englobe la limite de classe arbitrairement choisie. Par exemple, dans le cas de la longueur de l'axe polaire P où l'intervalle de confiance a été généralement estimé à $\pm$ 0,5 µm (Hul thol, 1976) : si P = 35,2 µm (valeur moyenne), P > 35 µm et P < 35 µm sont également codés 2. Les problèmes de codification sont discutés dans Hideux et Mahé, 1977, et Hideux 1977.

de l'ensemble des données et une clé de détermination à accès multiples ou la hiérarchisation à priori des caractères est évitée [1].

Tableau V. — Matrice n × t. Caractères macromorphologiques utilisés pour la classification (taxonomie numérique) du genre *Pterolobium*. 2 indique la présence du caractère ; 1, son absence. Les t UTO sont disposées en abscisses (t = 15), les n caractères (n = 18), en ordonnées

t UTO / n caractères	1. bor	2. den	3. hex	4. int	5. mac	6. mem	7. mic	8. micro	9. pla	10. pun1	11. pun2	12. pun3	13. sch	14. sin	15. ste
M01	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2
M02	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2
M03	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
M04	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1
M05	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	2	1
M06	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2
M07	1	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	2
M08	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
M09	2	1	2	2	2	1	1	2	2	1	2	1	2	1	2
M10	2	2	1	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	2
M11	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2
M12	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M13	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1
M14	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1	2
M15	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
M16	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
M17	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
M18	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

bor = *borneense* ; den = *densiflorum* ; hex = *hexapetalum* ; int = *integrum* ; mac = *macropterum* ; mem = *membranulaceum* ; mic = *micranthum* ; micro = *microphyllum* ; pla = *platypterum* ; pun1 = *punctatum* 1 ; pun2 = *punctatum* 2 ; pun3 = *punctatum* 3 ; sch = *schmidtianum* ; sin = *sinense* ; ste = *stellatum*.

M01 = fleurs denses ; M02 = pétales semblables ; M03 = sépales glabres ; M04 = sépales pubescents ; M05 = ovaire glabre ; M06 = ovaire velu ; M07 = ovaire 1-ovulé ; M08 = ovaire 2-ovulé ; M09 = aile du fruit concave à la base ; M10 = aile du fruit non concave à la base ; M11 = fruit stipité ; M12 = longueur du pédicelle > 8 µm ; M13 = pédicelle glabre ; M14 = longueur/largeur des folioles > 3 ; M15 = folioles à marge entière ; M16 = folioles à marge crénelée ; M17 = folioles à marge denticulée ; M18 = étamines à filets glabres.

1. Pour réaliser de façon pratique, la détermination d'un échantillon inconnu, celui-ci est codé selon la méthode utilisée pour la matrice des données (tabl. V, codification binaire 1 et 2) et comparé directement à chacune des UTO. L'ordre des caractères de l'échantillon inconnu est évidemment identique à celui de la matrice pour effectuer une comparaison directe avec chacune des UTO. Un coefficient de ressemblance peut même être calculé pour chacune des comparaisons effectuées entre l'échantillon inconnu et l'UTO considérée.

Résultats

— La matrice des triangles d'ombrage différentiel (fig. 2) fait apparaître l'ordre suivant des UTO : *P. integrum*, *hexapetalum*, *macropterum*, *membranulaceum*, *micranthum*, *sinense*, *densiflorum*, *platypterum*, *microphyllum*, *schmidtianum*, *punctatum* 1, *punctatum* 2, *punctatum* 3, *borneense* et *P. stellatum*. Cet ordre révèle des groupes d'UTO caractérisés par une forte densité d'ombrage (= triangles de similitude, fig. 2) :

groupe 1 : *P. integrum*, *hexapetalum*, *macropterum*, *membranulaceum*, *micranthum* et *sinense*.

groupe 2 : *P. sinense*, *densiflorum*, *platypterum*, *microphyllum*, *schmidtianum*, *punctatum* 1, *punctatum* 2, *punctatum* 3, *borneense* et *stellatum*.

Des sous-groupes peuvent être distingués dans le groupe 1 : *P. hexapetalum* et *macropterum* ; *P. membranulaceum* et *micranthum*. Il en est de même pour le groupe 2 : *P. platypterum*, *microphyllum* et *schmidtianum* ; *P. punctatum* 1, *punctatum* 2, *punctatum* 3, *borneense* et *stellatum*.

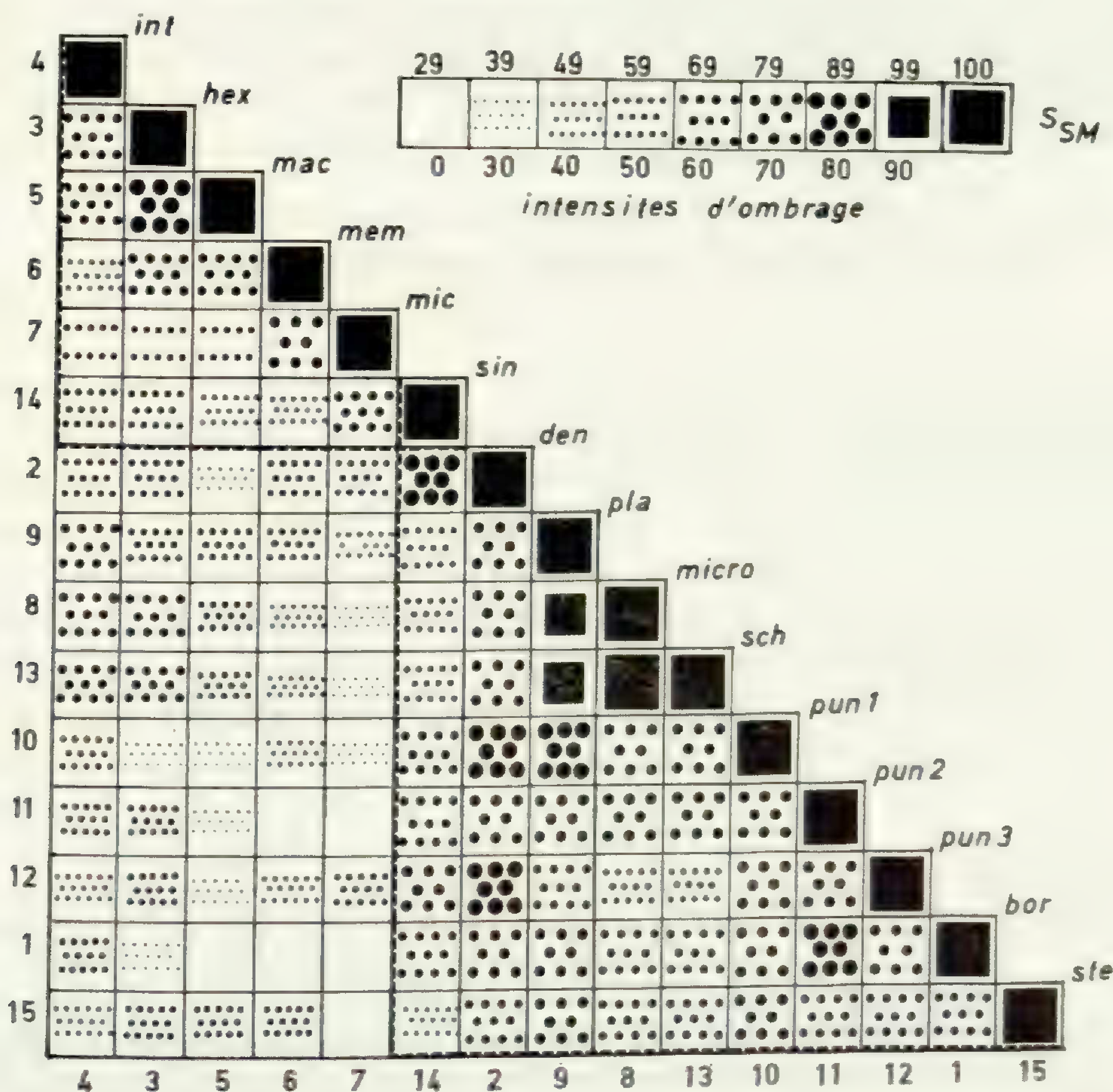


Fig. 2. — Matrice des triangles d'ombrage différentiel des UTO du genre *Pterolobium* : 18 caractères macromorphologiques.

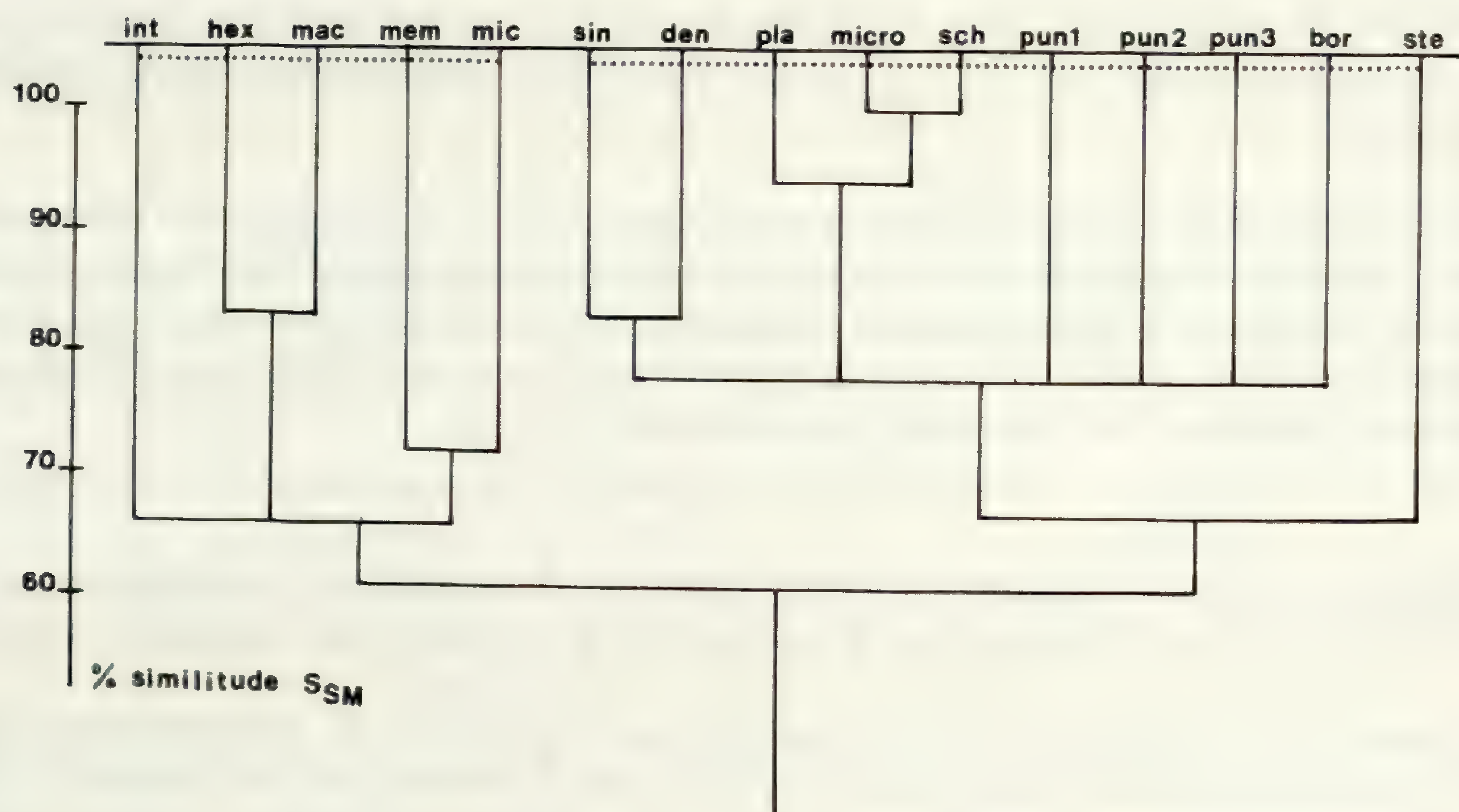


Fig. 3. — Dendrogramme des 15 UTO du genre *Pterolobium* : 18 caractères macromorphologiques (critère de liaison simple).

Tableau VI. — Matrice $t \times t$. Coefficient de similitude (S_{SM}) des UTO prises deux à deux (caractères macromorphologiques).

	1 bor	2 den	3 hex	4 int	5 mac	6 mem	7 mic	8 micro	9 pla	10 pun 1	11 pun 2	12 pun 3	13 sch	14 sin	15 ste
1 bor	100														
2 den	72	100													
3 hex	39	55	100												
4 int	55	50	60	100											
5 mac	22	39	83	67	100										
6 mem	22	50	61	44	66	100									
7 mic	28	55	55	50	50	72	100								
8 micro	67	72	61	66	55	44	39	100							
9 pla	72	78	55	61	50	50	44	94	100						
10 pun 1	78	83	39	55	33	44	38	78	83	100					
11 pun 2	89	72	50	55	33	22	27	78	72	78	100				
12 pun 3	78	83	50	44	33	44	50	55	61	78	78	100			
13 sch	61	72	61	67	55	44	39	100	94	78	78	55	100		
14 sin	67	83	50	56	44	44	61	56	56	61	67	78	56	100	
15 ste	67	61	50	44	55	55	27	67	72	78	67	67	67	44	100

REMARQUE : Les deux groupes principaux des UTO de *Pterolobium*, à fleurs denses ou espacées, déterminés d'après l'étude classique, se retrouvent ici par la méthode numérique qui permet de qualifier de diagnostiques ces caractères.

— Les deux groupes de la matrice se retrouvent aussi dans le dendrogramme (fig. 3). La seule différence importante concerne la position de l'UTO *P. sinense*. En effet, cette espèce semble plutôt se rapprocher du second groupe par le dendrogramme, bien qu'elle soit intermédiaire entre les deux groupes d'après la matrice des triangles de similitude,

3. Caractères palynologiques

Les UTO sont les mêmes que celles citées précédemment pour les caractères macromorphologiques.

Les caractères quantitatifs considérés ici sont : valeur moyenne de P, longueur de l'axe polaire mesurée en *µm* ; valeur moyenne de E, dimension du diamètre équatorial mesurée en *µm* ; valeur moyenne du rapport P/E, longueur de l'ectoaperture, épaisseur de l'exine dans la zone équatoriale, côté du triangle polaire également mesurés en µm et le rapport des épaisseurs du tectum et des columelles (t/t-1).

Les caractères qualitatifs sont : tectum partiel en réseau dense ou lâche (dans la zone interaperturale), tectum complet ou plus ou moins complet (dans la zone de transition), structure columellaire à têtes non fusionnées ou fusionnées en rugules (dans la zone marginale). La matrice des données (tabl. VII) constitue comme pour les caractères macromorphologiques, une clé de détermination à accès multiples des pollens [1].

RÉSULTATS

— La matrice des triangles d'ombrage différentiel fait apparaître l'arrangement des UTO suivant : *P. punctatum* 3, *integrum*, *densiflorum*, *membranulaceum*, *macropterum*, *stellatum*, *punctatum* 1, *schmidtianum*, *punctatum* 2, *sinense*, *micranthum*, *hexapetalum*, *microphyllum*, *platypterum* et *borneense*. On remarque que *P. integrum* et *punctatum* 3 se détachent des autres UTO, formant ainsi un petit groupe ; les autres UTO forment un vaste ensemble dans lequel trois sous-groupes peuvent être distingués : *P. densiflorum*, *membranulaceum*, *macropterum* ; *P. stellatum*, *punctatum* 1, *schmidtianum*, *punctatum* 2, *sinense*, *micranthum* : *P. hexapetalum*, *microphyllum*, *platypterum*, et *borneense*.

— Le même arrangement d'UTO est obtenu sur le dendrogramme : *P. integrum* et *punctatum* 3 s'isolent également de l'ensemble des UTO.

REMARQUE : Les méthodes de groupement utilisées, triangles d'ombrage différentiel et dendrogrammes aboutissent à une représentation linéaire de l'ordre des UTO. La méthode des triangles d'ombrage différentiel permet cependant une interprétation plus large de cet ordre, puisque si deux UTO se trouvent linéairement éloignées, leur éventuelle affinité est tout de même mise en évidence par l'ombrage différentiel = cas des UTO *P. densiflorum* et *punctatum* 2 sur la figure 2 (caractères

1. Ce type de clé devrait s'avérer fort utile pour la détermination des pollens fossiles où certaines données manquantes empêchent parfois leur détermination dans le cas d'une clé dichotomique.

macromorphologiques). Par contre, les dendrogrammes surtout avec le choix plus ou moins obligatoire d'un seul critère de liaison (critère de liaison simple) et d'un seul coefficient de similitude lorsqu'on travaille sans ordinateur, est beaucoup plus limité quant à l'interprétation de l'ordre linéaire. Cette étude a été réalisée volontairement sans ordinateur à titre de modèle (les cas d'impossibilité d'utilisation de l'ordinateur étant hélas encore assez fréquents).

Tableau VII. — Matrice *n* × *t*. Caractères palynologiques utilisés pour la classification (taxonomie numérique) du genre *Pterolobium*. 2 indique la présence du caractère ; 1, son absence.

t UTO / n caractères	1. bor	2. den	3. hex	4. int	5. mac	6. mem	7. mic	8. micro	9. pla	10. pun1	11. pun2	12. pun3	13. sch	14. sin	15 ste
P01	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
P02	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	2
P03	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
P04	1	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2
P05	2	2	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2
P06	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2
P07	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
P08	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
P09	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
P10	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2
P11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
P12	2	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1
P13	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	2
P14	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2
P15	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2
P16	2	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1
P17	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P18	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2
P19	1	2	2	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1
P20	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1

P01 = diamètre équatorial > 35 (± 0,5) µm ; P02 = diamètre équatorial < 35 (± 0,5) µm ; P03 = longueur de l'axe polaire > 35 (± 0,5) µm ; P04 = longueur de l'axe polaire < 35 (± 0,5) µm ; P05 = valeur du rapport P/E > 0,90 (± 0,02) ; P06 = valeur du rapport P/E < 0,90 (± 0,02) µm ; P07 = longueur de l'ectoaperture > 6 (± 0,50) µm ; P08 = longueur de l'ectoaperture < 6 (± 0,50) µm ; P09 = épaisseur de l'exine dans la zone équatoriale > 3 (± 0,50) µm ; P10 = épaisseur de l'exine dans la zone équatoriale < 3 (± 0,50) µm ; P11 = côté du triangle polaire > 5 (± 0,50) µm ; P12 = côté du triangle polaire < 5 (± 0,50) µm ; P13 = tectum à têtes globuleuses juxtaposées dans la zone marginale ; P14 = tectum complet dans la zone de transition ; P15-P17 : zone interaperturale : P15 = réseau dense (tectum partiel) ; P16 = réseau lâche (tectum partiel) ; P17 = réseau très lâche (tectum partiel) ; P18-P20 : rapport des épaisseurs tectum-columelles : P18 = t/t-1 > 1 ; P19 = t/t-1 # 1 ; P20 = t/t-1 < 1.

Caractères 1-12 : Microscopie photonique ; caractères 13-20 : Microscopie électronique à balayage.

Pour les références photographiques aux UTO étudiées, voir tableau VII.

Les chiffres entre parenthèses sont une estimation de l'intervalle de confiance (Hul Thol, 1976).

Tableau VIII. — Matrice $t \times t$. Coefficient de similitude (S^{SM}) des UTO prises deux à deux (caractères palynologiques).

	1 bor	2 den	3 hex	4 int	5 mac	6 mem	7 mic	8 micro	9 pla	10 pun 1	11 pun 2	12 pun 3	13 sch	14 sin	15 ste
1 bor	100														
2 den	40	100													
3 hex	80	50	100												
4 int	30	60	40	100											
5 mac	55	85	65	45	100										
6 mem	65	65	65	45	80	100									
7 mic	70	60	60	40	75	75	100								
8 micro	80	50	70	20	65	55	70	100							
9 pla	75	65	85	35	70	60	65	85	100						
10 pun 1	70	60	60	40	75	65	80	70	65	100					
11 pun 2	50	80	60	60	65	55	70	50	65	80	100				
12 pun 3	40	30	40	70	45	65	60	30	20	50	40	100			
13 sch	65	65	65	45	80	70	85	65	70	95	85	60	100		
14 sin	60	70	70	50	65	50	80	60	65	70	80	50	75	100	
5 ste	50	60	50	50	75	65	80	60	55	80	70	70	85	70	100

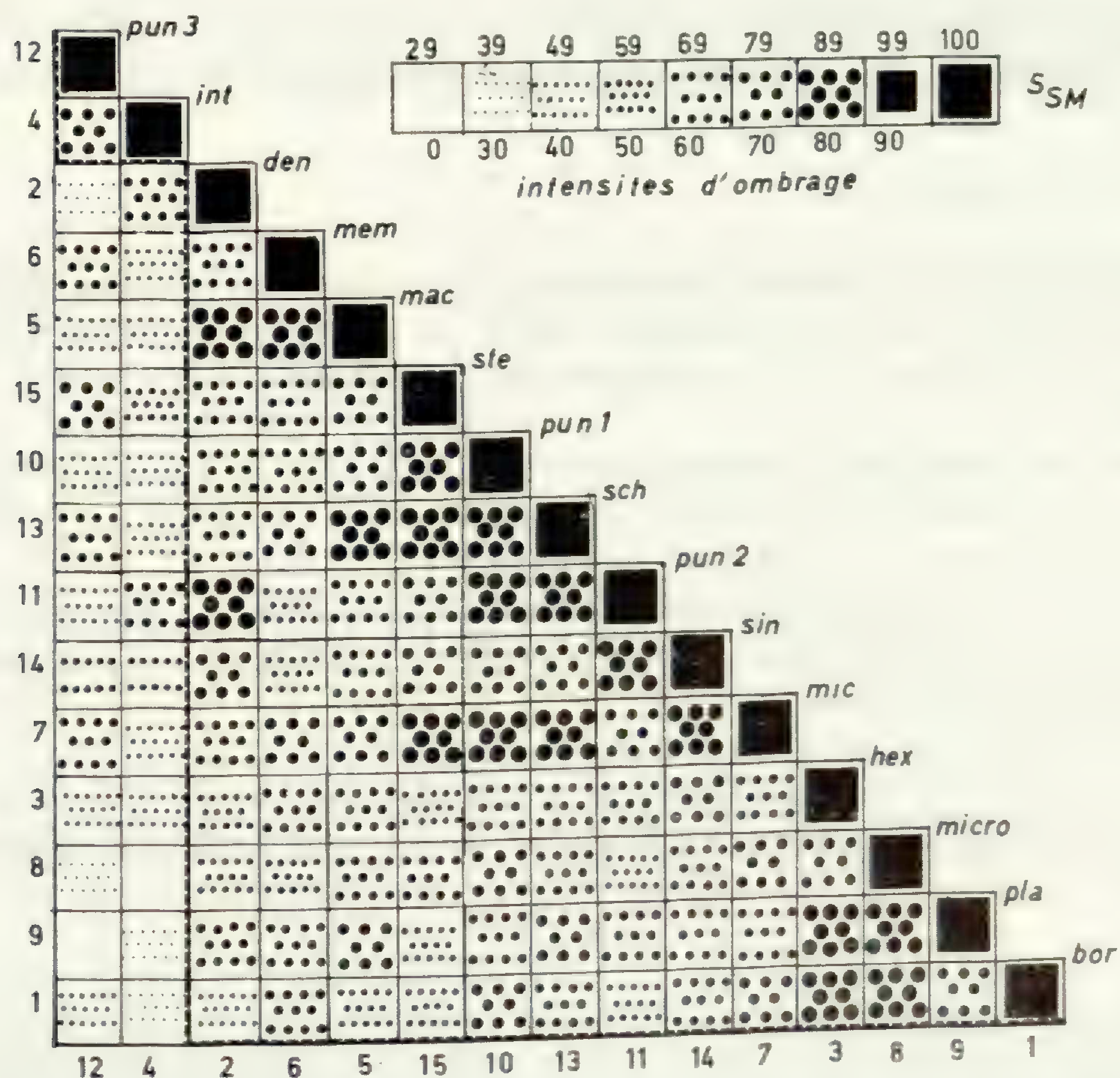


Fig. 4. — Matrice des triangles d'ombrage différentiel des 15 UTO du genre *Pterolobium* : 20 caractères palynologiques.

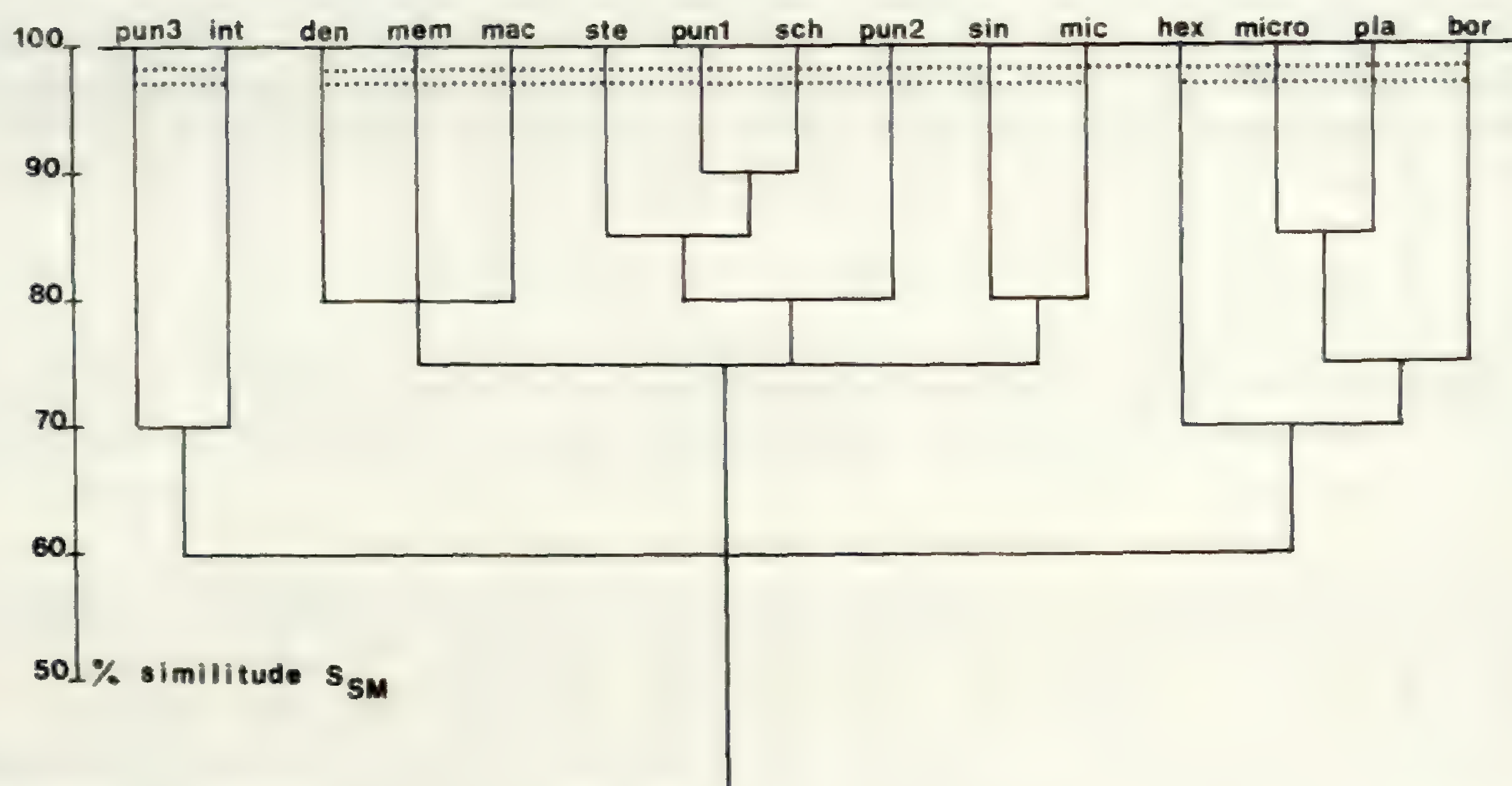


Fig. 5. — Dendrogramme des 15 UTO du genre *Pterolobium* : 20 caractères palynologiques (critère de liaison simple).

4. Étude synthétique des caractères macromorphologiques et palynologiques

Résultats taxonomiques

Les mêmes UTO sont toujours considérées. Les caractères macromorphologiques et palynologiques utilisés sont ceux présentés dans les matrices des données précédentes (tabl. II et VII : addition des 18 caractères macromorphologiques et des 20 caractères palynologiques).

La matrice des triangles d'ombrage différentiel (fig. 6), obtenue par transformation de la matrice des données (tabl. IX) fait apparaître un arrangement des UTO de *Pterolobium* qui met en évidence trois groupes fondamentaux :

groupe 1 : *P. micranthum*, *membranulaceum*, *macropterum* et *hexapetalum* ;

groupe 2 : *P. densiflorum*, *borneense*, *microphyllum*, *schmidtianum*, *platypterum*, *punctatum* 1, *punctatum* 2 et *sinense* ;

groupe 3 : *P. stellatum*, *punctatum* 3 et *integrum*.

Le dendrogramme (fig. 7) fait apparaître un arrangement des UTO très voisins de celui de la matrice des triangles d'ombrage différentiel, où les trois grands groupes peuvent être aussi distingués.

Recherches de corrélations

A partir de la matrice complète des données $n \times t$ (tabl. V et VII réunis : caractères macromorphologiques et caractères palynologiques), du même coefficient de similitude

de SOKAL et MICHENER (S_{SM}), une recherche des affinités entre les caractères a été réalisée par simple inversion de la matrice des données [1]. La matrice des triangles d'ombrage différentiel obtenue, présentée sous une forme simplifiée (fig. 8), fait apparaître les corrélations des caractères de même type, dont certaines d'entre elles sont évidentes (folioles à marge crénelée et folioles à marge denticulée qui s'opposent évidemment aux folioles à marge entière ; sépales pubescents et ovaire velu, liés par la pubescence générale de la fleur), et d'autres le sont moins (en particulier : sépales glabres et fleurs denses ; $P/E > 0{,}90$, $E < 35$ µm, longueur de l'ectoaperture < 6 µm ; côté du triangle polaire > 5 µm et épaisseur de l'exine équatoriale > 3 µm).

Ainsi, la matrice des triangles d'ombrage différentiel révèle une certaine dissociation des caractères macromorphologiques, toutefois pas aussi importante qu'on pourrait à priori l'imaginer, puisqu'on n'obtient pas deux groupes de caractères différenciés. Au contraire, des corrélations entre caractères macromorphologiques et palynologiques sont même obtenues : pétales semblables associés à la structure du tectum en réseau dense et au caractère diamètre équatorial $E < 35$ µm ; réseau très lâche du tectum et fruit stipité ; étamines à filets glabres et pollens ayant une longueur de l'ectoaperture < 6 µm.

TABLEAU IX. — Matrice $t \times t$. Coefficient de similitude (S_{SM}) des UTO prises deux à deux (caractères macromorphologiques et palynologiques).

	1 bor	2 den	3 hex	4 int	5 mac	6 mem	7 mic	8 micro	9 pla	10 pun 1	11 pun 2	12 pun 3	13 sch	14 sin	15 ste
1 bor	100														
2 den	56	100													
3 hex	60	52	100												
4 int	42	55	50	100											
5 mac	38	62	74	55	100										
6 mem	44	57	63	44	73	100									
7 mic	49	57	57	45	63	73	100								
8 micro	73	61	70	43	60	49	54	100							
9 pla	73	71	70	48	60	55	54	89	100						
10 pun 1	74	71	49	47	54	54	59	74	74	100					
11 pun 2	69	76	55	57	49	38	48	64	68	79	100				
12 pun 3	59	56	45	57	39	54	55	42	40	64	59	100			
13 sch	63	68	63	55	67	57	62	82	82	86	81	57	100		
14 sin	63	76	61	53	55	47	71	58	61	65	73	63	74	100	
15 ste	55	74	47	.55	63	53	68	60	58	79	68	71	68	58	100

1. Lors d'une analyse des UTO, on utilise une carte par UTO avec liste codée des caractères ; par contre, lors d'une analyse des caractères, on utilise une carte par caractère avec liste codée des UTO (1 si absence du caractère pour l'UTO, et 2 si présence du caractère pour la même UTO).

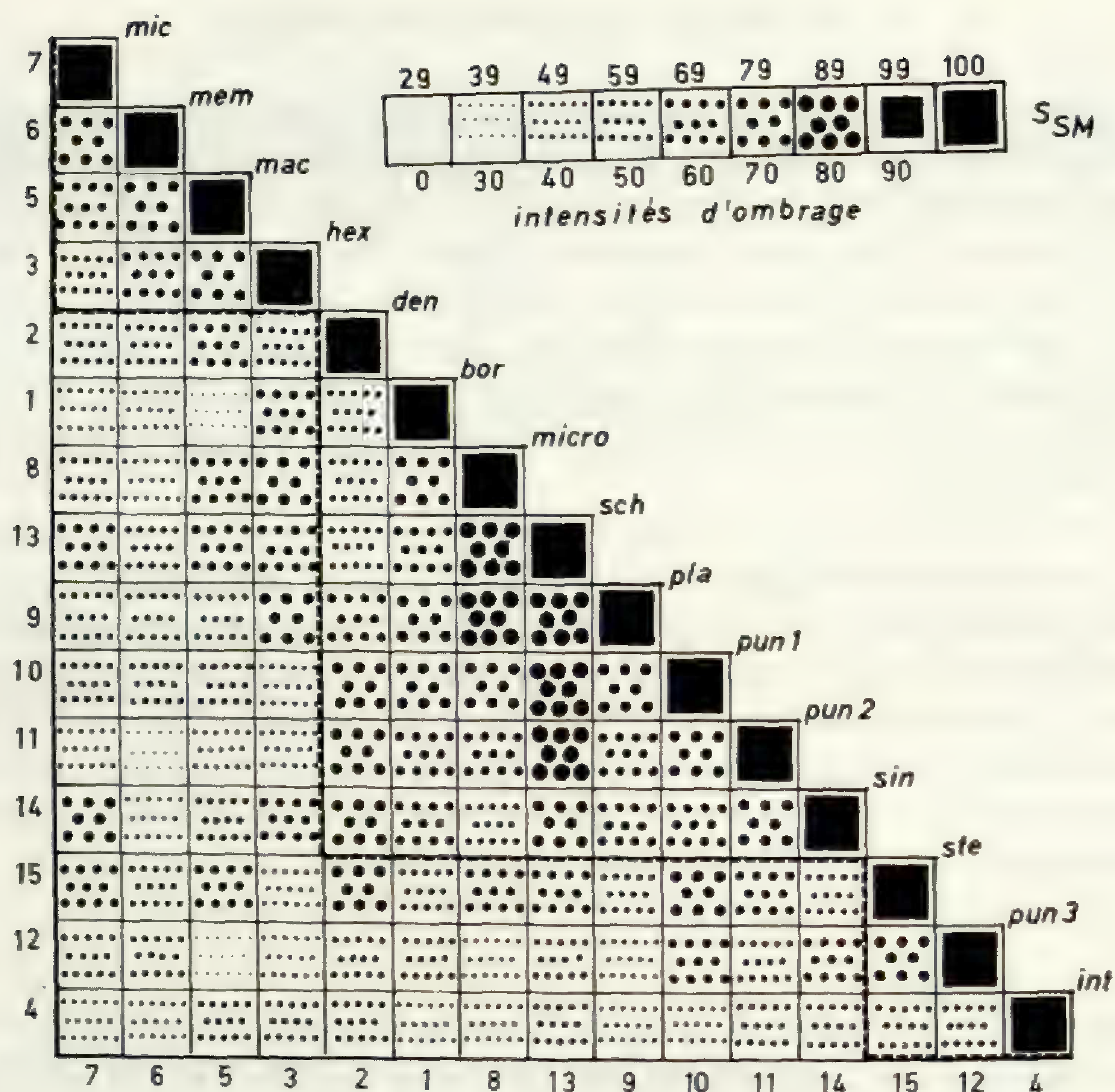


FIG. 6. — Matrice des triangles d'ombrage diférentiel des 15 UTO du genre *Pterolobium* : 38 caractères macromorphologiques et palynologiques.

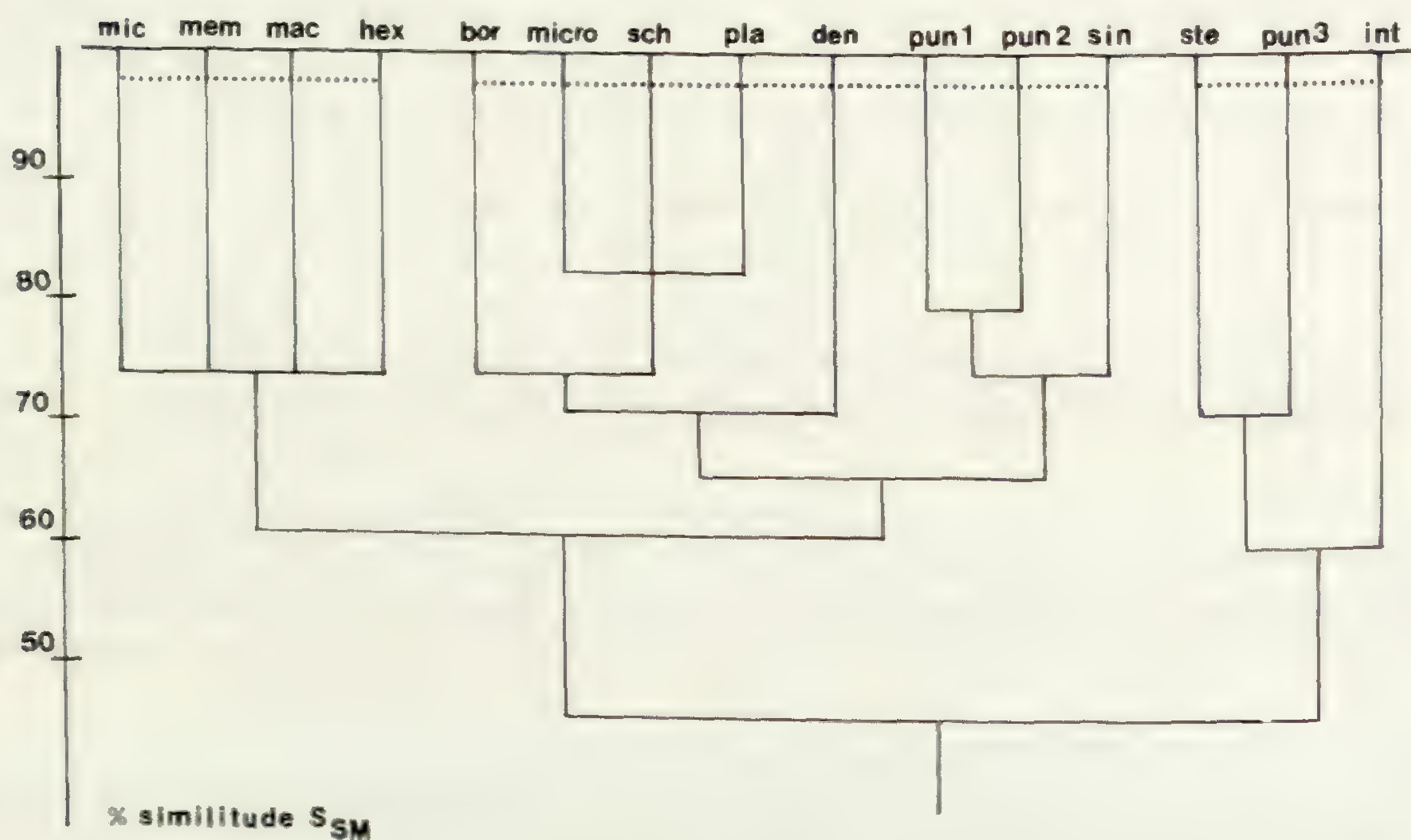


FIG. 7. — Dendrogramme des 15 UTO du genre *Pterolobium* : 38 caractères macromorphologiques et palynologiques (critère de liaison simple).

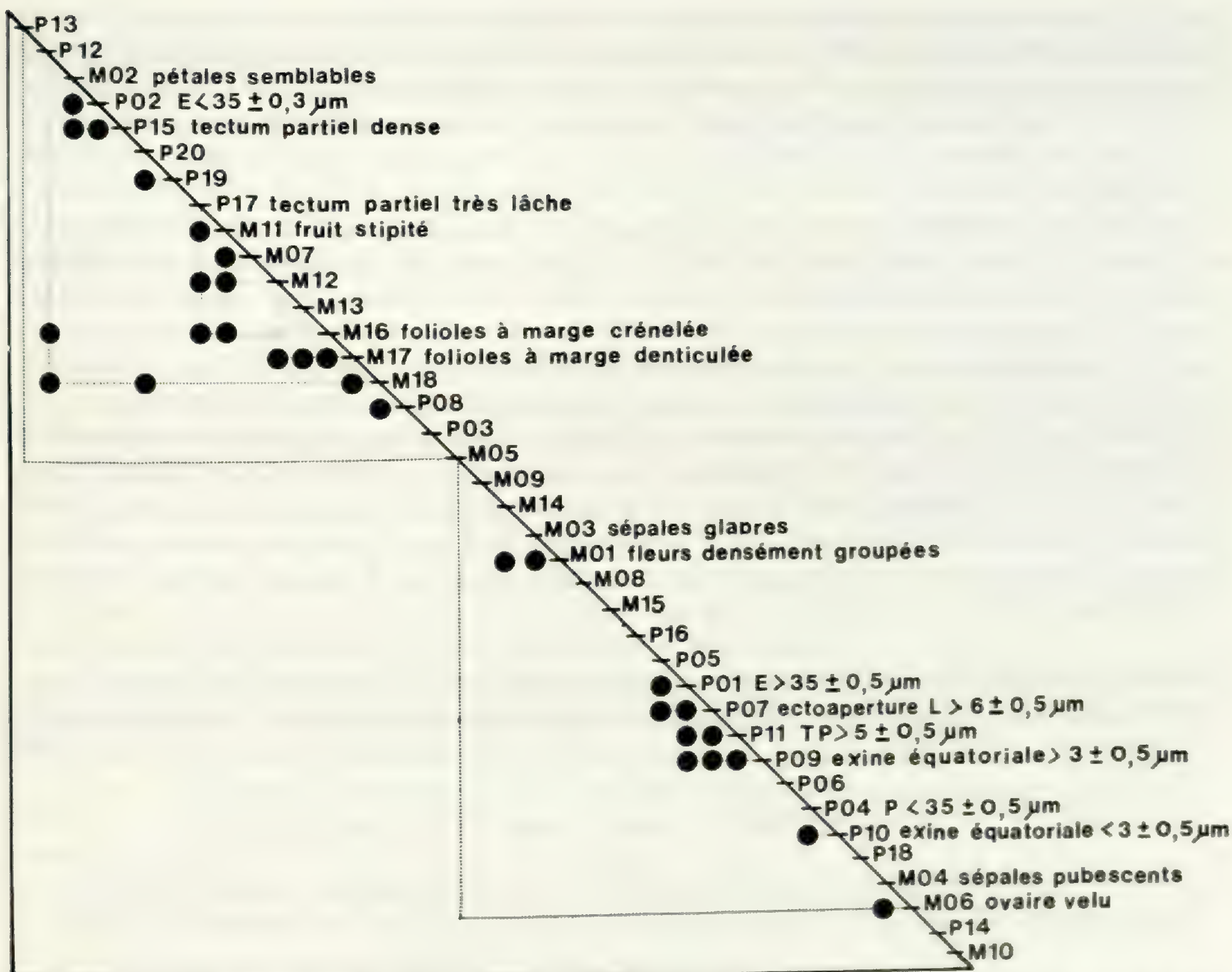


Fig. 8. — Matrice des triangles d'ombrage différentiel simplifiée de l'analyse des caractères. Seuls sont notés quelques caractères présentant une corrélation importante, à partir de 90 % de similitude (●) ; les autres caractères sont indiqués seulement par leur abréviation dont la signification est donnée par les tableaux II et VII.

III. Discussions et conclusions générales

L'étude taxonomique, aussi bien par la méthode numérique que par la méthode classique, aboutit à l'établissement de plusieurs formes de classifications ; l'ordre des taxons n'est certes pas identique dans les deux cas, mais il s'en dégage certaines corrélations en ce qui concerne les groupements d'affinités spécifiques.

En effet, les résultats du traitement séparé des caractères macromorphologiques par la méthode numérique ne diffèrent pas sensiblement de ceux obtenus par la taxonomie classique : *les deux groupes caractérisés respectivement par la densité des inflorescences sont conservés*. De même, le traitement numérique des seuls caractères palynologiques donne des résultats relativement identiques à ceux obtenus par la méthode classique : *deux groupes se séparent d'après le caractère dense ou lâche du réseau de la zone interaperturale* (tectum

partiel). La seule grande différence se situe au niveau de la position relative des espèces *P. stellatum* et *P. integrum* : *P. stellatum* se trouve très éloigné de *P. integrum* par les autres caractères polliniques, bien qu'il possède un tectum partiel en réseau caractéristique.

Enfin, le traitement global (méthode classique et numérique) des deux types de caractères (macromorphologiques et palynologiques) peut être résumé dans un tableau synthétique (tabl. X) :

— D'après l'étude de taxonomie classique, on constate que le genre *Pterolobium* a ses espèces réparties en six groupes définis principalement par les caractères des inflorescences et de la structure du tectum des grains de pollen. Deux groupes importants sont notés : espèces à fleurs espacées et à tectum partiel lâche (*P. micranthum*, *hexapetalum*, *macropterum* et *membranulaceum*), et espèces à fleurs denses et à tectum partiel lâche (*P. densiflorum*, *borneense*, et *microphyllum*, inclus *schmidtianum* et *platypterum*). Les autres espèces du genre (4 en tout) sont relativement isolées de ces deux groupes et sont nettement distinctes les unes des autres : *P. stellatum* caractérisé par des inflorescences denses et des grains de pollen à tectum partiel dense ; *P. integrum*, à fleurs espacées et à tectum partiel dense ; *P. punctatum*, inclus *punctatum* 2 ou *rosthornii*, à fleurs denses mais à tectum partiel aéré (caractère de transition, se rapprochant du tectum lâche) et *P. sinense*, à fleurs espacées et à tectum aéré.

Tableau X. — Étude synthétique de la position taxonomique des espèces du genre *Pterolobium* d'après les caractères macromorphologiques et palynologiques (les pointillés définissent les groupements mis en évidence par les méthodes numériques de la taxonomie).

MACROMORPHOLOGIE ► / PALYNOLOGIE ▼	I. Fleurs densément groupées	II. Fleurs espacées
1. Tectum partiel dense	stellatum punctatum 3	integrum
1-2. Tectum partiel aéré (transition)	punctatum 1 punctatum 2	sinense
2. Tectum partiel lâche	borneense microphyllum schmidtianum platypterum densiflorum	micranthum hexapetalum macropterum membranulaceum

punctatum 1 = *P. punctatum* Hemsl ; *punctatum* 2 = *P. rosthornii* Harms et *punctatum* 3 = formes intermédiaires entre *punctatum* et *rosthornii*.

Il en est de même pour l'espèce *P. microphyllum* Miq. : *P. schmidtianum* Harms et *P. platypterum* Gagnep. sont mis en synonymie de *P. microphyllum* Miq. (Vidal et Hul Thol, 1974).

— D'après le traitement numérique de l'ensemble des caractères macromorphologiques et palynologiques, la séparation des espèces du genre *Pterolobium* est moins marquée. Seul, le groupe d'espèces caractérisées par la présence des fleurs espacées et des grains de pollen à tectum partiel lâche, est conservé. L'autre grand groupe (à fleurs denses et à tectum partiel lâche) englobe aussi les espèces à tectum partiel aéré (à fleurs denses ou espacées) : *P. borneense*, *microphyllum* (inclus *schmidtianum* et *platypterum*), *densiflorum*, plus *punctatum* (inclus *punctatum* 2) et *sinense*. Enfin, un dernier groupe rassemble les espèces *P. stellatum* et *integrum*, plus *punctatum* 3.

L'apport à la taxonomie de cette méthode numérique est fondamental pour la mise en évidence des affinités spécifiques concernant les espèces *P. punctatum* et *P. microphyllum* :

P. punctatum Hemsl. : Les résultats nous permettent de confirmer la conspécificité de *P. rosthornii* Harms (*punctatum* 2) et de *P. punctatum* forme typique (*punctatum* 1), comme nous l'avons établie en 1974 (Vidal et Hul Thol). Par contre les formes intermédiaires (*punctatum* 3) que nous avions reconnues entre ces deux taxons semblent, à partir des données synthétiques, s'en séparer essentiellement par le caractère du tectum des grains de pollen. Il nous semble pour le moment prématuré d'envisager la création d'un taxon sur ce seul caractère, qui pourrait seulement montrer une certaine variation dans l'espèce *punctatum*, et qui demanderait une investigation plus large.

P. microphyllum Miq. : Pour cette espèce, les résultats marquent très nettement la conspécificité de *P. schmidtianum* Harms et *P. platypterum* Gagnep. avec *P. microphyllum* Miq.

Ainsi, l'utilisation comparative des méthodes classique et numérique (méthode de Sokal et Sneath, sans ordinateur) pour le genre *Pterolobium* permet les conclusions suivantes :

1. Les caractères diagnostiques, mis en évidence par cette étude, sont respectivement la densité des inflorescences pour la macromorphologie, et la structure du tectum partiel dans la zone équatoriale (réseau dense, aéré ou lâche) pour la palynologie.

2. Les groupements obtenus par les deux types de méthodes sont relativement identiques, lorsque les 18 caractères macromorphologiques et les 20 caractères palynologiques sont traités séparément.

3. Les groupements d'affinités spécifiques sont obtenus par le traitement global des deux types de caractères d'après la taxonomie numérique. Ce sont les plus riches en informations taxonomiques, grâce à l'élimination d'un certain nombre de convergences (utilisation de caractères provenant des moyens d'observation différents) et à « l'autopondération » créée par l'augmentation du nombre de caractères utilisés.

Enfin, l'étude statistique, en palynologie, a montré une stabilité relativement bonne de l'ensemble des caractères morphologiques des grains de pollen d'une même espèce. Cette étude se révèle fondamentale en palynologie, car elle permet de valider ou non la valeur représentative d'une population de pollens provenant d'un seul échantillon (part d'herbier) au niveau de l'espèce.

Remerciements

M^me^ Hul Thol exprime tout spécialement sa gratitude à M. le Pr. Leroy, pour l'accueil qu'il lui a réservé dans son laboratoire. Les auteurs remercient M. les Drs des Herbiers étrangers pour le prêt des spécimens. Ce travail a été réalisé sous la direction de M. Vidal, Maître de Recherche au CNRS, pour la partie morphologique et de M^me^ Cerceau, Maître de Recherche au CNRS, pour la partie palynologique. Les observations au microscope électronique à balayage ont été faites avec la collaboration technique de M. Sausset (Micropaléontologie, Paris VI) et de M^lle^ Munsch (Écologie générale, du Muséum national d'Histoire naturelle, Brunoy). Une aide matérielle précieuse nous a été apportée par M^lles^ Derouet, Galibert, M^me^ Carbonnier et M. Ybert.

Liste des échantillons étudiés en Palynologie

P. borneense Merrill, *Endert 4963 (L)*, Bornéo, E. Central, W. Koetai.
P. densiflorum Prain, *Curtis 3093B (K)*, Péninsule malaise, Pulau Pinang, goverment Hill, 800 m.
P. hexapetalum (Roth) Santapau & Wagh, *Wight 635 (P)*, Inde orientale.
P. integrum Craib, *Kerr 9001 (BM)*, Thaïlande, Ratchaburi.
P. macropterum Kurz, *Heinig 240 (P)*, S. Andaman.
* *Counillon s.n. (P)*, Laos, basse altitude ; *Heinig 240 (P)*, S. Andaman ; *Kerr 1482 (P)*, Laos ; *Leschenault 65 (P)*, Indonésie, Java ; *Prince Henri d'Orléans s. n.*, Laos, Luang Prabang ; *Poilane 1310 (P)*, S. Viêt-Nam, Quangtri-Lang Vay, *20776 (P)*, Laos, Luang Prabang ; *Pottier 90 (P)*, Laos, Luang Prabang, 300 m d'alt. ; *Squires 793 (P)*, S. Viêt-Nam. aux environs de Dalat ; *Thorel s.n. (P)*, Thaïlande, Nong Khai ; *Vidal 842 (P)*, *2763 (P)*, Laos.
P. membranulaceum (Blanco) Merrill species Blancoanae 454 (P), Philippines, Bulacan, Angat.
P. micranthum Gagnepain emend. Craib, *Pierre 187 (P)*, Thaïlande, Pran.
P. microphyllum Miquel, *Zollinger 1236 Z (P)*, Java ; *P. platypterum* Gagnep., *Balansa 2156 (P)*, N. Viêt-Nam, Tu Phap ; — *P. schmidtianum* Harms, *Kerr 16412 (P)*, Thaïlande, Ranong.
P. punctatum Hemsley, *A. Henry 1690 (P)*, Chine, Hupeh, Ichang ; — P. *rosthornii* Harms, *Bock & Rosthorn 567 (O)*, Chine, Szechuen, Kung Chia P'ing ; *P. punctatum* à forme intermédiaire, *Tanant s.n. (P)*, Chine, Mongse.
P. stellatum (Forsskal) Brenan, *Schlieben 4731 (P)*, Tanzanie, Kilimandjaro, 1 500 m d'alt.
* *Chase 7082 (P)*, Afrique du sud, Rhodésie, Umtali, 1 100 m d'alt. ; *Courbon s.n. (P)*, Tanzanie ; *Liben 711 (P)*, Zaïr, 1 300 m ; *Petit 520 (P)*, Éthiopie ; *Sacleux 1347 (P)*, Tanzanie, 1 000-1 200 m ; *Schimper 168 (P)*, *361 (P)*, 1 800-2 000 m, *385 (P)*, 2 000-2 500 m, Éthiopie ; *Schlieben 4731 (P)*, Tanzanie, 1 500 m ; *Schweinfurth et D. Riva 1173 (P)*, Éthiopie, 1 900 m ; *Steudner s.n. (P)*, Yémen ; *Quartin-Dillon 2 (P)*, *Quartin-Dillon & Petit s.n. (P)*, Éthiopie.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bidault, M., 1971. — Variation et spéciation chez les végétaux supérieurs. Notions fondamentales de systématique moderne. Doin, Paris, 1 vol., 145 p.

Cerceau-Larrival, M.-Th., 1962. — Plantules et pollens d'Ombellifères. Leur intérêt systématique et phylogénique. Thèse, Paris. *Mém. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, sér. B, **14** : 1-166.

* Spécimens étudiés dans le paragraphe « Application des statistiques à la valeur représentative d'un échantillon ».

— 1971. — Morphologie pollinique et corrélations phylogénétiques chez les Ombellifères. *In* : V. H. Heywood Ed., The biology and chemistry of the *Umbelliferae*. *J. Linn. Soc., Bot.*, **64** (1) : 109-156.

Cerceau-Larrival, M.-Th., M. Hideux, L. Marceau, et F. Roland, 1970. — Cassure du pollen par les ultrasons pour l'étude structurale de l'exine au microscope électronique à balayage. *C. r. hebd., Séanc. Acad. Sci., Paris*, **270** : 66-69.

Davis, P. H., & V. H. Heywood, 1973. — Principles of Angiosperm taxonomy. Krieger, 2nd éd., New York, 1 vol., 558 p.

Erdtman, G., 1952. — Pollen morphology and Plant taxonomy Angiosperms. New York and London, 1 vol., 553 p.

Hideux, M., 1972. — Techniques d'étude du pollen au MEB : effets comparés des différents traitements physico-chimiques. *Micron*, **3** : 1-31.

— 1973. — Apport du microscope électronique à balayage à la palynologie structurale des Saxifragacées ligneuses australes. Thèse de Doctorat de 3e cycle, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), ronéot., 48 p., 14 pl., 18 tabl.

— 1977. — Traitement numérique des données palynologiques à des fins taxinomiques. *Grana*, **16** : 85-97.

Hideux, M., & I. K. Ferguson, 1976. — The stereostructure of the exine and its evolutionary significance in *Saxifragaceae sensu lato*. *In* : Evolutionary significance of the exine (1974). I. K. Ferguson & J. Muller, eds. Linnean Society Sympos. ser. nº 1, Academic Press, London & New York : 327-377.

Hideux, M., et J. Mahé, 1977. — Traitement par la taxinomie numérique des données palynologiques : Saxifragacées ligneuses australes. *Revue gén. Bot.*, **84** : 21-60.

Hideux, M., et L. Marceau, 1972. — Techniques d'étude du pollen au MEB : méthode simple de coupes. *Adansonia*, **2** (4) : 609-618.

Hul Thol, S., 1974. — *Caesalpiniodeae* : *Pterolobium stellatum* (Forssk.) Brenan. Pollen et Spores d'Afrique tropicale. Travaux et Documents de Géographie tropicale, CEGET et CNRS, **16** : 162, 1 pl.

— 1975 *a*. — Types polliniques de quelques *Caesalpiniaceae* asiatiques. Structure et Terminologie de la paroi sporo-pollinique. Document A.P.L.F., CEGET, Talence 1 : 23-25.

— 1975*b*. — Apport du MEB à la connaissance de la structure de l'exine des pollens de quelques *Caesalpiniaceae* asiatiques. Coll. A.P.L.F. : Structure et terminologie de la paroi sporo-pollinique. *Bull. Soc. bot. Fr.*, **122** : 99-101.

— 1976. — Contribution à la révision de quelques genres de *Caesalpiniaceae*, représentés en Asie. Thèse de Doctorat de 3e cycle, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), 209 p., 21 pl. dess., 10 pl. phot., polycop.

Lamotte, M., 1971. — Initiation aux méthodes statistiques en biologie. Paris, 1 vol., 144 p.

Nair, P. K. K., et M. Sharma, 1962. — Pollen grains of Indian Plants — IB : *Leguminosae*. *Bull. natn bot. Gdns Lucknow*, **65** (1) : 1-37.

Raynal, J., 1974. — Notes cypérologiques. 22. Les *Costularia* de Nouvelle-Calédonie. *Adansonia*, sér. 2, **14** (3) : 337-377.

Reitsma, Tj., 1969. — Size modifications of recent pollen grains under different treatments. *Rev. Palaeobot. Palyn.*, **9** : 175-202.

Smith, F. G., 1964. — Some pollen grains in the *Caesalpiniaceae* of East Africa. *Pollen et Spores*, **6** (1) : 85-98.

Sneath, P. H. A., et R. R. Sokal, 1973. — Numerical taxonomy. Freeman, San Francisco, 1 vol., 573 p.

Tsukada, M., 1963. — Pollen morphology and Identification — I — *Caesalpiniaceae*. *Pollen et Spores*, **5** (2) : 239-284.

Van der Pluym, A., et M. Hideux, 1977*a*. — Application d'une méthodologie quantitative à la Palynologie d'*Eryngium maritimum* L. (*Umbelliferae*). Plant Systematics and Evolution, **127** : 55-85.

Van der Plyum, A., et M. Hideux, 1977*b*. — Numerical analysis study of pollen grain populations of *Eryngium maritimum* L. (*Umbelliferae*), *Rev. Palaeobot. Palyn.*, **24** : 119-139.

Vidal, J., et S. Hul thol, 1974. — Révision du genre *Pterolobium* (*Caesalpiniaceae*). *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, 3e sér., no 227, Bot. 15, 1974 : 1-29.

Vidal, J., et S. Hul Thol. — 1976, Césalpiniacées asiatiques nouvelles. *Adansonia*, sér. 2, **15** (3) : 391-396.

Vishnu-Mittre et B. D. Sharma, 1962. — Studies of Indian pollen grains (*Leguminosae*). *Pollen et Spores*, **4** (1) : 5-45.

Manuscrit déposé le 2 février 1977.

PLANCHE I

P. stellatum (Forssk.) Brenan : 1, vue polaire ; 2, vue méridienne.

P. integrum Craib : 3, vue polaire ; 4, vue méridienne, zone aperturale de face ; 5, zone interaperturale.

P. punctatum Hemsl. (forme 3) : 6, vue polaire ; 7, vue méridienne.

P. punctatum Hemsl. (forme typique ou forme 1) : 8, vue polaire ; 9, vue méridienne.

P. punctatum Hemsl. (forme « *rosthornii* » ou forme 2) : 10, vue polaire ; 11, vue méridienne.

P. borneense Merr. : 12, vue polaire ; 13, coupe optique équatoriale.

P. microphyllum Miq. (forme typique) : 14, vue polaire ; 15, vue méridienne.

P. microphyllum Miq. (forme « *platypterum* ») : 16, vue polaire.

P. microphyllum Miq. (forme « *schmidtianum* ») : 17, vue méridienne.

P. hexapetalum (Roth) Sant. & Wagh : 18, vue polaire ; 19, coupe optique équatoriale ; 20, zone interaperturale ; 21, coupe optique méridienne.

P. macropterum Kurz : 22, vue polaire ; 23, vue méridienne.

P. membranulaceum (Blanco) Merr. : 24, vue polaire ; 25, vue méridienne, endoaperture.

(Clichés M. Ph. × 1000 : Laboratoire de Palynologie, É.P.H.É., Paris.)

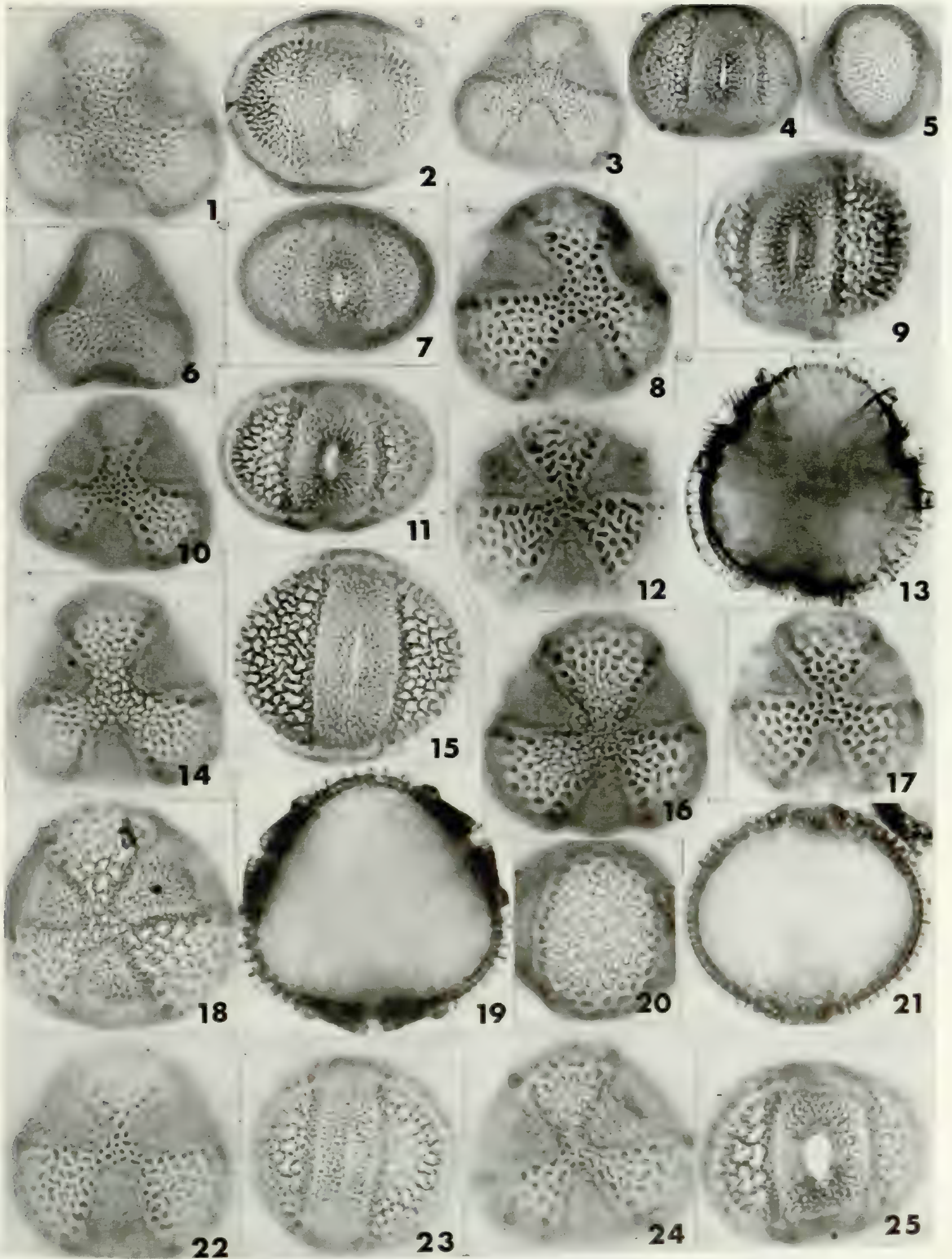


PLANCHE I

PLANCHE II

P. stellatum (Forssk.) Bren. : 1, pollen non acétolysé, vue polaire × 1 500 ; 2, vue méridienne, zone interaperturale de face × 1 500 ; 3, détail de l'exine, tectum partiel en réseau dense à tendance perforée × 5 000.

P. integrum Craib : 4, pollen acétolysé et traité par les ultrasons, en vue polaire × 1 500 ; 5, vue méridienne × 1 500 ; 6, détail de la zone aperturale, érosion de l'ectexine par les ultrasons × 5 000 ; 7, surface de rupture × 5 000.

P. punctatum Hemsl. (forme 3) : 8, vue subpolaire × 1 500 ; 9, vue méridienne, système apertural de face × 1 500 ; 10, zone interaperturale à tectum partiel, réseau ± dense × 2 500.
P. punctatum Hemsl. (forme « *rosthornii* ») : 13, détail de l'exine, tectum partiel en réseau plus aéré × 5 200.

P. punctatum Hemsl. (forme typique) : 11, pollen traité par les ultrasons, en vue polaire × 1 100 ; 12, détail de l'exine, tectum partiel en réseau plus aéré × 5 000 ; 14, cassure, vue interne de l'endoaperture × 3 000.

(Clichés MEB : fig. 9-10, Laboratoire de Micropaléontologie, Université Pierre et Marie Curie Paris ; fig. 11-14, Laboratoire d'Écologie générale, Muséum national d'Histoire naturelle, Brunoy.)

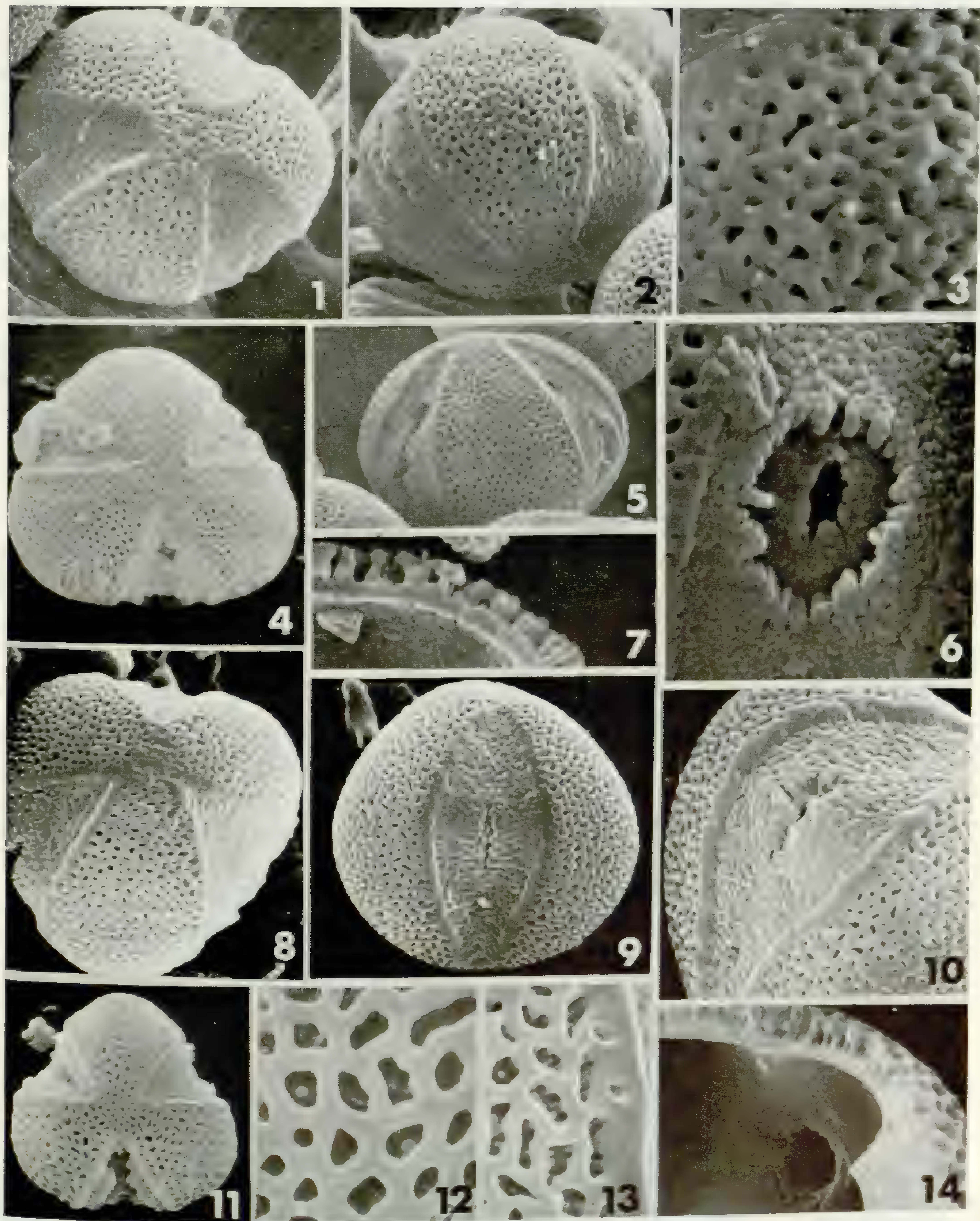


PLANCHE II

PLANCHE III

P. sinense J. E. Vidal : 1, vue subméridienne × 1 100 ; 2, détail de l'exine, zone interaperturale × 5 500.

P. borneense Merr. : 3, vue polaire × 1 500 ; 4, vue méridienne, tectum partiel, réseau ± lâche à lumières ± linéaires × 1 500.

P. microphyllum Miq. (forme typique) : 5, vue polaire × 1 500 ; 6, vue méridienne, zone interaperturale à tectum partiel, réseau ± lâche, lumières ± arrondies × 1 500 ; 7, cassure par les ultrasons × 5 000.

P. microphyllum Miq. (forme « *platypterum* ») : 8, vue polaire × 1 500 ; 9, vue méridienne × 1 500 ; 10, surface de rupture dans la zone marginale × 10 000 ; 13, détail de l'exine, zone interaperturale à tectum partiel, réseau ± lâche, éléments ectexinaux visibles dans les lumières du réseau, zone de transition, tectum complet ; zone marginale à surface tectale rugulée × 5 000.

P. microphyllum Miq. (forme « *schmidtianum* ») : 11, vue polaire × 1 500 ; 12, vue méridienne × 1 500.

(Clichés MEB : fig. 1 et 2, Laboratoire d'Écologie générale, Muséum national d'Histoire naturelle, Brunoy ; fig. 3-13, Laboratoire de Micropaléontologie, Université Pierre et Marie Curie, Paris.)

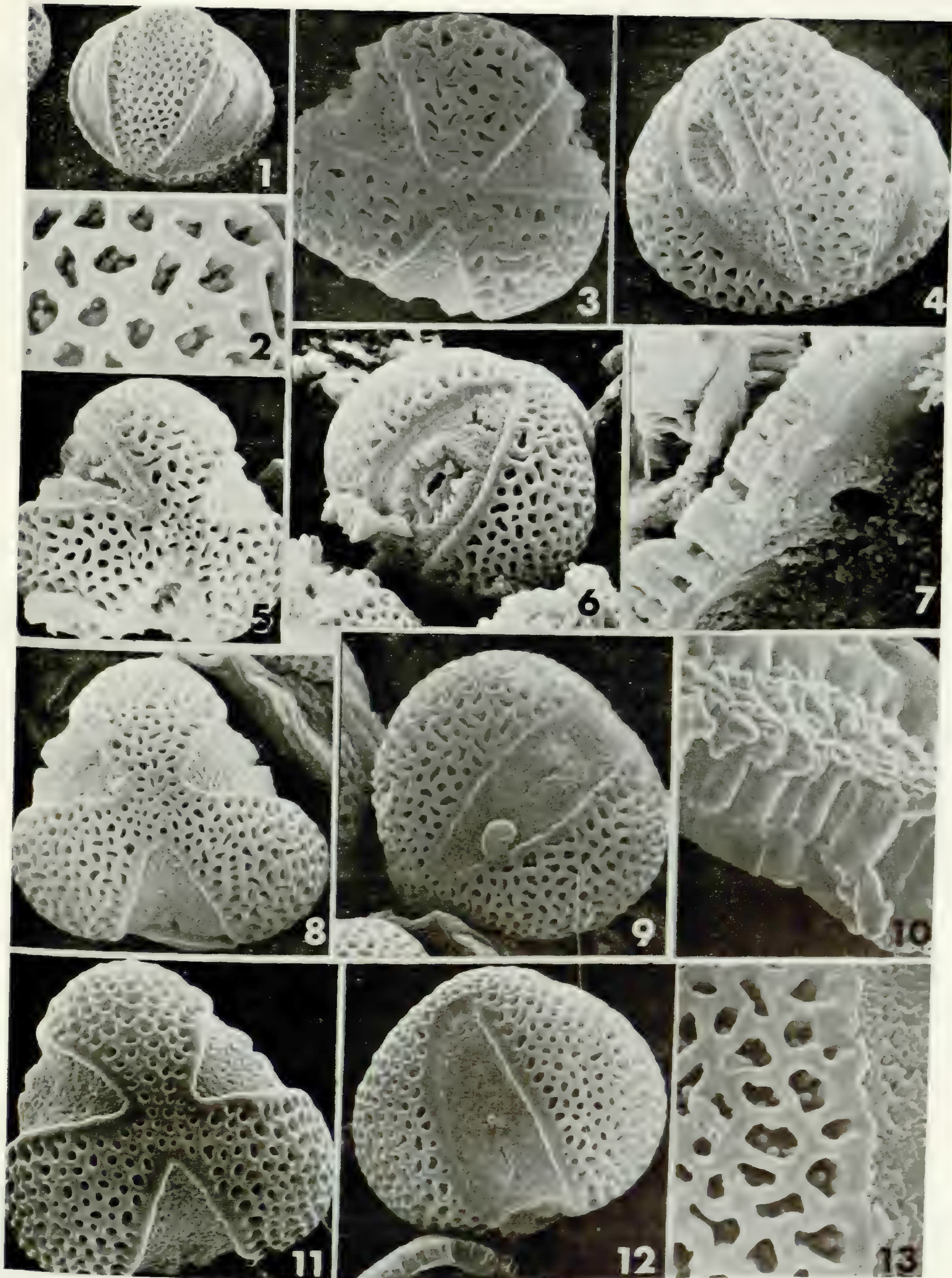


PLANCHE III

PLANCHE IV

P. hexapetalum (Roth) Sant. & Wagh : 1, vue subpolaire × 1 500 ; 2, vue méridienne × 1 500 ; 3, cassure par les ultrasons, dans la zone marginale × 5 000.

P. micranthum Gagn. : 4, vue méridienne, zone interaperturale à tectum partiel, réseau ± lâche × 1 500 ; 5, vue subpolaire × 1 500 ; 6, coupe, zone marginale × 5 000.

P. macropterum Kurz : 7, pollen traité par les ultrasons, en vue méridienne × 1 500 ; 8, détail de l'exine, zone de transition, tectum ± complet × 5 000.

P. densiflorum Prain : 9, vue subméridienne, zone interaperturale à tectum partiel, réseau très lâche, éléments ectexinaux bien visibles dans les lumières du réseau × 1 500 ; 10, détail de l'exine × 5 000.

P. membranulaceum (Blanco) Merr. : 11, vue polaire × 1 500 ; 12, vue méridienne × 1 500 ; 13, détail de l'exine, tectum partiel, réseau très lâche × 5 000 ; 14, cassure, dans la zone aperturale × 5 000.

(Clichés MEB : Laboratoire de Micropaléontologie, Université Pierre et Marie Curie, Paris.)

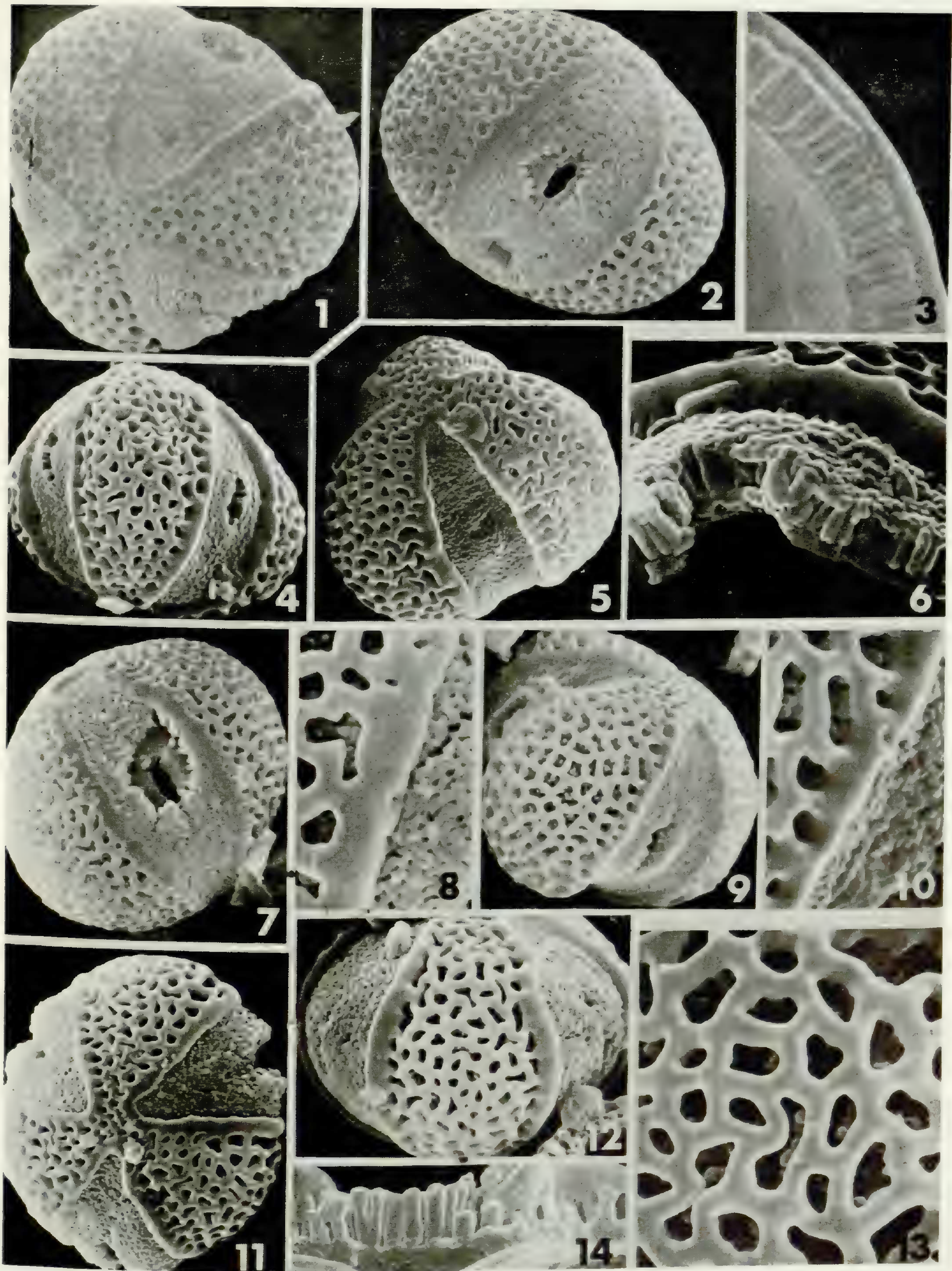


PLANCHE IV

PLANCHE V

Pterolobium macropterum Kurz : étude de plusieurs échantillons, provenant de localités différentes.

Échantillon du Laos, *Vidal 842 (P)* : 1, vue polaire × 1 100 ; 2, vue méridienne × 1 100 ; 3, zone interaperturale × 5 500 ; 4, zone aperturale × 5 500. — Échantillon de la Thaïlande, *Thorel s.n. (P)* : 5, vue polaire × 1 150 ; 6, vue méridienne × 1 150 ; 7, zone interaperturale × 6 000 ; 8, zone aperturale × 6 000. — Échantillon de l'Indonésie (Java), *Leschenault 65 (P)* : 9, vue polaire × 1 100 ; 10, vue méridienne × 1 150 ; 11, zone interaperturale × 6 000 ; 12, zone aperturale × 6 000. — Échantillon du Viêt-Nam (sud), *Poilane 1310 (P)* : 13, vue polaire × 1 100 ; 14, vue méridienne × 1 100 ; 15, zone interaperturale × 6 000 ; 16, zone aperturale × 6 000. — Échantillon du Laos, *Pottier 90 (P)* : 17, vue polaire × 1 100 ; 18, vue méridienne × 1 100 ; 19, zone interaperturale × 6 000 ; 20, zone aperturale × 6 000.

(Clichés MEB : Laboratoire d'Écologie générale, Muséum national d'Histoire naturelle, Brunoy.)

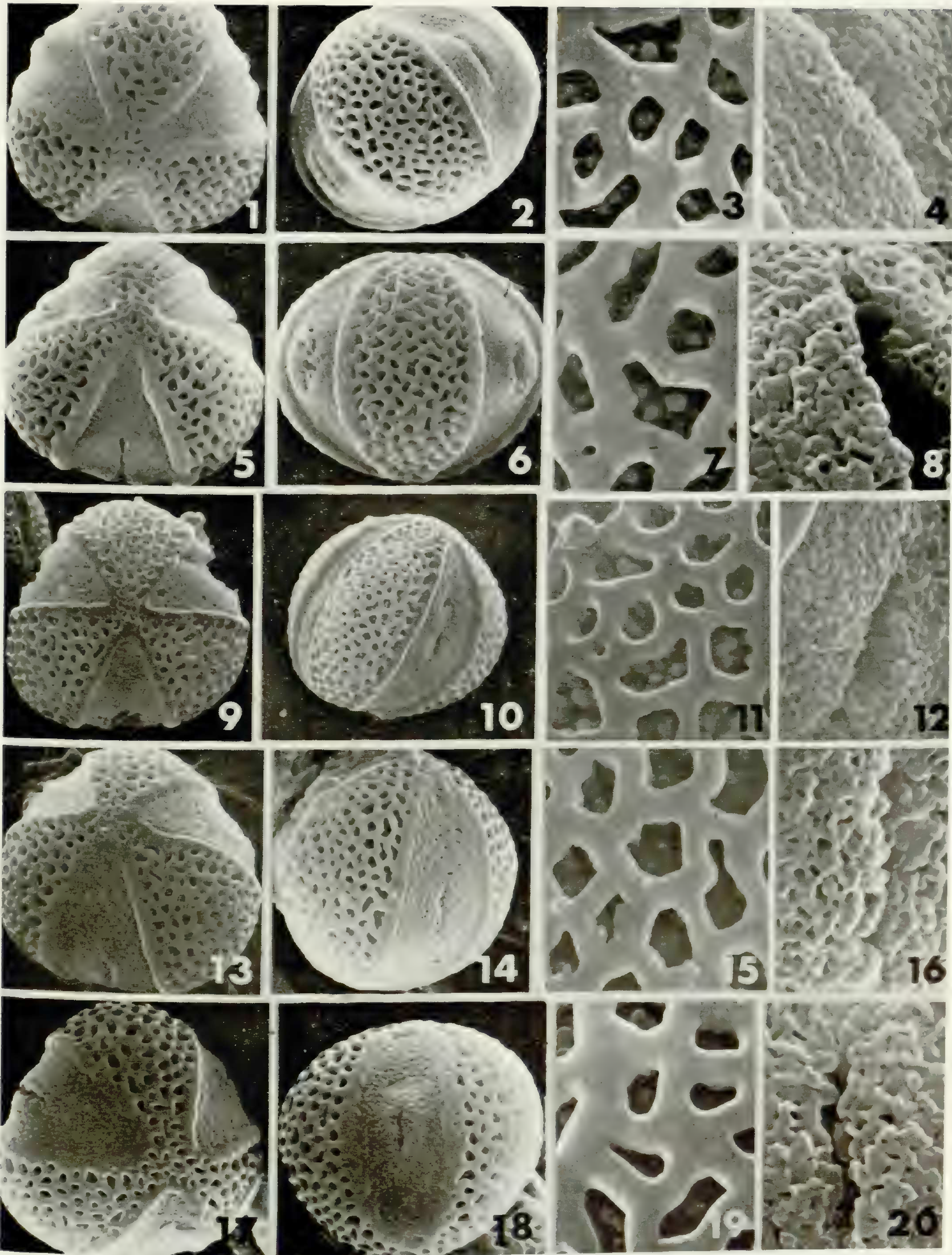


PLANCHE V